1847. ANNALEN No. 12
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXII.

I. *Ueber die Auflösung der Gleichungen, auf welche man bei der Untersuchung der linearen Vertheilung galvanischer Ströme geführt wird;*

von G. Kirchhoff.

Ist ein System von n Drähten: $1, 2 \ldots n$ gegeben, welche auf eine beliebige Weise unter einander verbunden sind, und hat in einem jeden derselben eine beliebige elektromotorische Kraft ihren Sitz, so findet man zur Bestimmung der Intensitäten der Ströme, von welchen die Drähte durchflossen werden, $I_1, I_2 \ldots I_n$, die nöthige Anzahl linearer Gleichungen durch Benutzung der beiden folgenden Sätze [1]):

I. Wenn die Drähte $k_1, k_2, \ldots$ eine geschlossene Figur bilden, und w_k bezeichnet den Widerstand des Drahtes k, E_k die elektromotorische Kraft, die in demselben ihren Sitz hat, nach derselben Richtung positiv gerechnet als I_k, so ist, falls $I_{k1}, I_{k2}, \ldots$ alle nach *einer* Richtung als positiv gerechnet werden:

$$w_{k1} I_{k1} + w_{k2} I_{k2} + \ldots = E_{k1} + E_{k2} + \ldots$$

II. Wenn die Drähte $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ in einem Punkte zusammenstofsen, und $I_{\lambda 1}, I_{\lambda 2}, \ldots$ alle nach diesem Punkte zu als positiv gerechnet werden, so ist:

$$I_{\lambda 1} + I_{\lambda 2} + \ldots = 0.$$

Ich will jetzt beweisen, dafs die Auflösungen der Gleichungen, welche man durch Anwendung dieser Sätze für $I_1, I_2 \ldots I_n$ erhält, vorausgesetzt, dafs das gegebene System von Drähten nicht in mehrere völlig von einander getrennte zerfällt, sich folgendermafsen allgemein angeben lassen:

Es sey m die Anzahl der vorhandenen Kreuzungspunkte, d. h. der Punkte, in denen zwei oder mehrere Drähte zusammenstofsen, und es sey $\mu = n - m + 1$, dann ist

1) Bd. 64, S. 513 dieser Annalen.

der gemeinschaftliche Nenner aller Gröfsen I die Summe derjenigen Combinationen von $w_1, w_2, \ldots w_n$ zu je μ Elementen, $w_{k1}.w_{k2}\ldots.w_{k_\mu}$, welche die Eigenschaft haben, dafs nach Fortnahme der Drähte $k_1, k_2, \ldots k_\mu$ *keine* geschlossene Figur übrig bleibt,

und es ist der Zähler von I_λ die Summe derjenigen Combinationen von $w_1, w_2 \ldots w_n$ zu je $\mu - 1$ Elementen, $w_{k1}.w_{k2}\ldots w_{k_{\mu-1}}$, welche die Eigenschaft haben, dafs nach Fortnahme von $k_1, k_2, \ldots k_{\mu-1}$, *eine* geschlossene Figur übrig bleibt, und dafs in dieser λ vorkommt; eine jede Combination multiplicirt mit der Summe der elektromotorischen Kräfte, welche sich auf der zugehörigen geschlossenen Figur befinden. Die elektromotorischen Kräfte sind hierbei in der Richtung als positiv zu rechnen, in der I_λ als positiv gerechnet ist.

Der leichteren Uebersicht wegen will ich den Beweis, den ich von diesem Satze gebe, in einzelne Abschnitte theilen.

1.

Es sey μ die Zahl, welche angiebt, wie viele Drähte man bei einem beliebigen Systeme *wenigstens* entfernen mufs, damit alle geschlossenen Figuren zerstört werden; dann ist μ auch die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche man durch Anwendung des Satzes I herleiten kann.

Es lassen sich nämlich μ Gleichungen, die von einander unabhängig sind, und aus denen eine jede, die aus dem Satze I folgt, abgeleitet werden kann, auf die folgende Weise aufstellen:

Es seyen $1, 2, \ldots \mu - 1, \mu$ solche μ Drähte, nach deren Fortnahme keine geschlossene Figur übrig bleibt; nach Fortnahme von $\mu - 1$ derselben bleibt dann *eine* geschlossene Figur; auf die geschlossenen Figuren, welche der Reihe nach übrig bleiben, wenn man

$$\begin{array}{l} 2, 3, \ldots \mu \\ 1, 3, \ldots \mu \\ \ldots\ldots\ldots \\ 1, 2, 3 \ldots \mu - 1 \end{array}$$

entfernt, wende man den Satz I an.

Von den auf diese Weise gebildeten μ Gleichungen kann keine eine Folge der übrigen seyn, weil eine jede eine Unbekannte enthält, welche in allen übrigen nicht vorkommt; die erste allein enthält I_1, die zweite I_2 u. s. f. Aus diesen Gleichungen läfst sich aber auch eine jede andere bilden, die mit Hülfe des Satzes I abgeleitet werden kann; denn eine Gleichung, die aus einer geschlossenen Figur folgt, welche sich aus mehreren zusammensetzen läfst, mufs aus den Gleichungen, die aus diesen folgen (durch Addition oder Subtraction), gebildet werden können; und, wie wir zeigen wollen, kann eine jede geschlossene Figur aus jenen μ Figuren zusammengesetzt werden. Die sämmtlichen geschlossenen Figuren nämlich des gegebenen Systems, welches wir durch S bezeichnen wollen, lassen sich eintheilen, in solche, in denen der Draht μ vorkommt, und in solche, die in dem Systeme S' enthalten sind, welches aus S entsteht, wenn der Draht μ entfernt wird. Nehmen wir an, dafs alle Figuren, welche der zweiten Klasse angehören, sich aus den $\mu - 1$ ersten jener μ Figuren zusammensetzen lassen, so sehen wir ein, dafs eine jede Figur des Systems S sich aus diesen μ zusammensetzen lassen mufs; denn eine beliebige Figur, in der der Draht μ vorkommt, läfst sich zusammensetzen aus einer bestimmten, in der μ vorkommt, und aus solchen, in denen μ nicht vorkommt. Die über das System S' gemachte Annahme läfst sich aber wieder auf eine ähnliche in Bezug auf S'' zurückführen, wenn S'' das System ist, welches aus S durch Entfernung von μ und $\mu - 1$ entsteht; nämlich auf die Annahme, dafs alle in S'' vorkommenden geschlossenen Figuren sich aus den $\mu - 2$ ersten jener μ zusammensetzen lassen. Durch Fortsetzung dieser Schlufsweise kommen wir endlich auf das System $S^{(\mu-1)}$; da dieses nur eine geschlossene Figur enthält, so ist die Richtigkeit der Annahme, welche wir in Bezug auf dieses machen müssen, um die Wahrheit unserer Behauptung einzusehen, von selbst klar.

2.

Da die Sätze I und II die zur Bestimmung von $I_1, I_2 \ldots I_n$

nöthige Anzahl von Gleichungen liefern müssen, so werden diese, nach dem, was wir eben bewiesen haben, die folgenden seyn:

$$\overset{1}{\alpha}_1 w_1 I_1 + \overset{1}{\alpha}_2 w_2 I_2 + \ldots + \overset{1}{\alpha}_n w_n I_n = \overset{1}{\alpha}_1 E_1 + \overset{1}{\alpha}_2 E_2 + \ldots + \overset{1}{\alpha}_n E_n$$

$$\overset{2}{\alpha}_1 w_1 I_1 + \overset{2}{\alpha}_2 w_2 I_2 + \ldots + \overset{2}{\alpha}_n w_n I_n = \overset{2}{\alpha}_1 E_1 + \overset{2}{\alpha}_2 E_2 + \ldots + \overset{2}{\alpha}_n E_n$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\overset{\mu}{\alpha}_1 w_1 I_1 + \overset{\mu}{\alpha}_2 w_2 I_2 + \ldots + \overset{\mu}{\alpha}_n w_n I_n = \overset{\mu}{\alpha}_1 E_1 + \overset{\mu}{\alpha}_2 E_2 + \ldots + \overset{\mu}{\alpha}_n E_n$$

$$\overset{\mu+1}{\alpha}_1 I_1 + \overset{\mu+1}{\alpha}_2 I_2 + \ldots + \overset{\mu+1}{\alpha}_n I_n = 0$$

$$\overset{\mu+2}{\alpha}_1 I_1 + \overset{\mu+2}{\alpha}_2 I_2 + \ldots + \overset{\mu+2}{\alpha}_n I_n = 0$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\overset{n}{\alpha}_1 I_1 + \overset{n}{\alpha}_2 I_2 + \ldots + \overset{n}{\alpha}_n I_n = 0$$

wo die Gröſsen α theils $+1$, theils -1, theils 0 sind, und wo μ dieselbe Bedeutung als vorher hat.

Es geht hieraus hervor, daſs der gemeinschaftliche Nenner der Gröſsen I, d. h. die Determinante dieser Gleichungen, eine homogene Function des μten Grades von $w_1, w_2, \ldots w_n$ ist, welche ein jedes einzelne w nur linear und auſser den w's nur Zahlen enthält. Dieses Resultat können wir auch auf die folgende Weise aussprechen: der gemeinschaftliche Nenner der I's ist die Summe der Combinationen von $w_1, w_2 \ldots w_n$ zu je μ Elementen, eine jede Combination mit einem Zahlencoëfficienten multiplicirt. Eben so sieht man ein, daſs der Zähler eines jeden I die Summe der Combinationen von $w_1, w_2, \ldots w_n$ zu je $\mu - 1$ ist, eine jede Combination mit einer linearen homogenen Function der Gröſsen $E_1, E_2, \ldots E_n$ multiplicirt, deren Coëfficienten Zahlen sind.

3.

Zur Bestimmung der Zahlencoëfficienten des Nenners und der Zähler der Gröſsen I führt die Bemerkung, daſs

es einerlei ist, ob wir den Widerstand $w_\varkappa = \infty$ machen, oder ob wir den Draht $\varkappa$ durchschneiden oder entfernen; dafs also die Ausdrücke der I's durch die Substitution $w_\varkappa = \infty$ in die Auflösungen derjenigen Gleichungen übergehen müssen, die wir durch Anwendung der Sätze I und II auf das System von Drähten erhalten, welches aus dem gegebenen entsteht, wenn wir den Draht $\varkappa$ entfernen. $I_\varkappa$ selbst mufs für $w_\varkappa = \infty$ verschwinden.

Wir wollen die Zähler und Nenner der I's durch $w_1 . w_2 \ldots w_{\mu-1}$ dividiren, und dann $w_1 = \infty, w_2 = \infty \ldots w_{\mu-1} = \infty$ setzen; dadurch gehe I_λ in (I_λ) über; bezeichnen wir dann die Function der E's, welche im Zähler von I_λ mit

$$w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} \ldots w_{\varkappa \mu-1}$$

multiplicirt ist, durch $\overset{\lambda}{A}_{\varkappa 1, \varkappa 2, \ldots \varkappa \mu-1}$ und den Coëfficienten von $w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} \ldots w_{\varkappa \mu}$ im Nenner durch $a_{\varkappa 1, \varkappa 2, \ldots \varkappa \mu}$, so haben wir:

$$(I_\lambda) = \frac{\overset{\lambda}{A}_{1, 2, \ldots \mu-1}}{a_{1, 2 \ldots \mu-1, \mu} . w_\mu + a_{1, 2 \ldots \mu-1, \mu+1}\, w_{\mu+1} + \ldots + a_{1, 2 \ldots \mu-1, n}\, w_n}$$

Der vorangeschickten Bemerkung zufolge ist, wenn λ unter $1, 2 \ldots \mu - 1$ vorkommt:

$$(I_\lambda) = 0,$$

und, wenn λ nicht unter $1, 2 \ldots \mu - 1$ vorkommt:

$$(I_\lambda) = I'_\lambda,$$

wo I'_λ die Intensität des Stromes bezeichnet, von dem der Draht λ durchflossen wird, wenn die Drähte $1, 2 \ldots \mu - 1$ entfernt sind.

Wir denken uns die Gleichungen aufgestellt, die sich durch Anwendung der Sätze I und II auf das übriggebliebene Drahtsystem zur Bestimmung von $I'_\mu, I'_{\mu+1}, \ldots I'_n$ ergeben. Der Satz I liefere hier μ' von einander unabhängige Gleichungen; dann ist der gemeinschaftliche Nenner der Gröfsen I' eine Function des μ'ten Grades von $w_\mu, w_{\mu+1}, \ldots w_n$, und die Zähler derselben sind Functionen des $\mu' - 1$ten Grades in Bezug auf dieselben Argumente. Wegen der Definition von μ ist μ' entweder $= 1$ oder > 1. Ist $\mu' > 1$, so müssen, damit die Gleichung

$(I_\lambda) = I'_\lambda$ bestehen kann, entweder Zähler und Nenner von I'_λ einen gemeinschaftlichen Factor des $\mu' - 1$ ten Grades in Bezug auf $w_\mu, w_{\mu+1} \ldots$ haben, oder es mufs $(I_\lambda) = 0$ und $I'_\lambda = 0$ seyn, oder endlich, es mufs (I_λ) die Form $\frac{0}{0}$ annehmen. Stellt sich eine der Gröfsen (I) unter der Form $\frac{0}{0}$ dar, so müssen alle unter derselben erscheinen, da sie einen gemeinschaftlichen Nenner haben, und keine ∞ werden darf. Soll dieser Fall nicht eintreten, so müssen bei einem jeden I' Nenner und Zähler einen gemeinschaftlichen Factor des $\mu' - 1$ ten Grades haben; und zwar müssen diese Factoren bei allen Gröfsen I' dieselben seyn. Dieses ist aber unmöglich, wie man auf die folgende Weise zeigen kann.

Wir nehmen an, es gäbe einen Factor der bezeichneten Art, welcher die Gröfse $w_\varkappa$ enthalte; $\varkappa$ mufs dann ein Draht seyn, welcher in einer geschlossenen Figur liegt, weil im anderen Falle $w_\varkappa$ in den Gleichungen für $I_\mu, I_{\mu n}, \ldots$ gar nicht vorkommen könnte. Da die Zähler und der Nenner der Gröfsen I' linear in Bezug auf ein jedes w sind, so erhalten wir für diese durch Forthebung jenes Factors Ausdrücke, welche frei von $w_\varkappa$ sind. Substituiren wir dieselben in eine der Gleichungen, welche $w_\varkappa I'_\varkappa$ enthält, so wird diese eine identische; durch partielle Differentiation derselben nach $w_\varkappa$ erhalten wir:

$$I'_\varkappa = 0.$$

Diese Gleichung kann aber unmöglich immer gelten; sollte dieses der Fall seyn, so müfste sie auch richtig bleiben, wenn man beliebig viele der Gröfsen w ∞ setzt, d. h. wenn man beliebig viele der Drähte entfernt; entfernt man aber so viele Drähte, dafs nur *eine* geschlossene Figur übrig bleibt, in welcher $\varkappa$ liegt, so kann unmöglich $I'_\varkappa$ für beliebige Werthe der Gröfse E verschwinden.

Wir sehen hiernach ein, dafs, wenn $\mu' > 1$ ist, sich (I^μ), $(I_{\mu+1}) \ldots (I_n)$ unter der Form $\frac{0}{0}$ darstellen müssen;

oder, da wir $(I_1)=0$, $(I_2)=0\,..\,(I_{\mu-1})=0$ gefunden haben, dafs, wenn nach Fortnahme der Drähte $1, 2, ..\,\mu-1$ mehr als eine geschlossene Figur bleibt, das Product

$$w_1 . w_2 \ldots w_{\varkappa-1}$$

weder in einem Zähler noch in dem Nenner der Gröfsen I_1, I_2, ... I_n vorkommen kann.

4.

Jetzt wollen wir die Factoren zu bestimmen suchen, mit denen das Product $w_1 . w_2 \ldots w_{\mu-1}$ in den Zählern und in dem Nenner der I's multiplicirt vorkommt, wenn die Bedingung erfüllt wird, dafs nach Fortnahme von $1, 2\,..\,\mu-1$ nur eine geschlossene Figur übrig bleibt.

Es enthalte die übrigbleibende Figur die Drähte: λ_1, λ_2, ... λ_ν; dann ist, falls λ nicht unter diesen vorkommt:

$$I'_\lambda = 0,$$

und falls λ unter denselben vorkommt:

$$I'_\lambda = \frac{E_{\lambda 1} + E_{\lambda 2} + \ldots + E_{\lambda\nu}}{w_{\lambda 1} + w_{\lambda 2} + \ldots + w_{\lambda\nu}},$$

wobei $E_{\lambda 1}$, $E_{\lambda 1}$... nach der Richtung als positiv gerechnet sind, nach welcher I_λ als positiv gerechnet ist.

Der Nenner dieses Werthes kann sich von dem Nenner der Gröfse (I_λ), d. h. von dem Ausdrucke:

$$a_{1,\,2,\,..\,\mu-1,\,\mu} w_\mu + a_{1,\,2,\,..\,\mu-1,\,\mu+1} w_{\mu+1} + \ldots + a_{1,\,2,\,..\,\mu-1,\,n} w_n$$

nur durch einen Zahlenfactor unterscheiden; daher müssen von den Gröfsen $a_{1,\,2\,..\,\mu-1,\,\mu}$, $a_{1,\,2\,..\,\mu-1\,..\,\mu+1}$ ... alle verschwinden aufser:

$$a_{1,\,2,\,..\,\mu-1,\,\lambda 1} \quad a_{1,\,2,\,..\,\mu-1,\,\lambda 2} \;\ldots\ldots\; a_{1,\,2\,..\,\mu-1,\,\lambda\nu}$$

und diese müssen einander gleich seyn. Wir schliefsen daraus, dafs der Coëfficient der Combination $w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} \ldots w_{\varkappa\mu}$ im Nenner der Gröfsen I nur dann von 0 verschieden seyn kann, wenn durch Fortnahme der Drähte $\varkappa_1$, $\varkappa_2\,..\,\varkappa_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört werden; und, dafs alle Combinationen, welche diese Bedingung erfüllen, und welche $\mu-1$ gemeinschaftliche Factoren w enthalten, denselben Coëfficienten haben müssen.

Mit Hülfe hiervon läfst sich beweisen, dafs irgend zwei Combinationen

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}\ldots w_{k\mu} \text{ und } w_{\varkappa' 1}.w_{\varkappa' 2}\ldots w_{\varkappa'\mu}$$

im Nenner der Γs denselben Coëfficienten haben müssen, wenn durch Entfernung sowohl der Drähte $\varkappa_1$, $\varkappa_2 \ldots \varkappa_\mu$ als der Drähte $\varkappa'_1$, $\varkappa'_2$, $\ldots \varkappa'_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört werden.

Um diesen Beweis führen zu können, schicken wir die folgenden Bemerkungen voraus:

Durch Fortnahme der Drähte $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\ldots \varkappa_\mu$ mögen alle geschlossenen Figuren zerstört werden; dann muſs ein jeder dieser Drähte wenigstens in einer geschlossenen Figur vorkommen.

In einer jeden geschlossenen Figur muſs aber auch wenigstens einer jener Drähte vorkommen; wissen wir also von dem Drahte $\varkappa'$, daſs er in einer geschlossenen Figur liegt, so muſs dieser wenigstens mit einem der Drähte $\varkappa_1$, $\varkappa_2 \ldots \varkappa_\mu$ in derselben geschlossenen Figur liegen.

Ferner muſs ein jeder der Drähte $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\ldots \varkappa_\mu$ in einer geschlossenen Figur vorkommen, in der die $\mu - 1$ anderen Drähte nicht vorkommen, $\varkappa_\mu$ z. B. in derjenigen, welche nach Fortnahme von $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\ldots \varkappa_{\mu-1}$ übrig bleibt, und welche wir durch $f_{\varkappa\mu}$ bezeichnen wollen. Liegt in $f_{\varkappa\mu}$ auch der Draht $\varkappa'_\mu$, so werden auch durch Fortnahme von $\varkappa_1$, $\varkappa_2 \ldots \varkappa_{\mu-1}$, $\varkappa'_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört. Mit Hülfe dieser Bemerkung sieht man leicht ein, daſs, wenn wir irgend eine geschlossene Figur, f, auswählen, sich immer $\mu - 1$ Drähte von der Art finden lassen, daſs nach Fortnahme derselben f als einzige geschlossene Figur übrig bleibt. Kommen nämlich in f von den Drähten $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\ldots \varkappa_\mu$ etwa $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$ vor, und ist $\varkappa'_2$ ein Draht, der in $f_{\varkappa 2}$, aber nicht in f, und $\varkappa'_3$ ein Draht, der in $f_{\varkappa 3}$, aber auch nicht in f vorkommt, so sind $\varkappa'_2$, $\varkappa'_3$, $\varkappa_4 \ldots \varkappa_\mu$ Drähte der verlangten Art.

Jenen Beweis wollen wir jetzt auf die Weise führen, daſs wir annehmen, die Coëfficienten zweier Combinationen der bezeichneten Art seyen einander gleich, wenn diese ν gemeinschaftliche Factoren w haben, und beweisen, daſs dann auch die Coëfficienten zweier Combinationen,

welche nur $\nu-1$ gemeinschaftliche Factoren haben, einander gleich seyn müssen. Ist uns dieses gelungen, so werden wir die Wahrheit der aufgestellten Behauptung dargethan haben.

Die Art des Beweises bleibt dieselbe, welchen Werth für ν wir auch setzen; wir wollen denselben daher nur für einen Werth von ν, für $\nu=3$ durchführen. Wir wollen also beweisen, dafs die beiden Combinationen:

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa 3}\ldots w_{\varkappa\mu} \text{ und } w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa' 3}\ldots w_{\varkappa'\mu}$$

denselben Coëfficienten haben müssen.

In dem Systeme von Drähten, welches aus dem gegebenen entsteht, wenn man $\varkappa_1$ und $\varkappa_2$ entfernt, können alle geschlossenen Figuren nicht durch die Fortnahme von weniger als $\mu-2$ Drähten zerstört werden; sie werden zerstört durch die Fortnahme von $\varkappa_3$, $\varkappa_4\ldots\varkappa_\mu$, und durch die Fortnahme von $\varkappa'_3$, $\varkappa'_4\ldots\varkappa'_\mu$; hieraus folgt, dafs $\varkappa'_3$ wenigstens mit einem der Drähte $\varkappa_3$, $\varkappa_4\ldots\varkappa_\mu$, wir nehmen an mit $\varkappa_3$, in derselben geschlossenen Figur liegt; diese bleibe als einzige übrig, wenn man $\varkappa''_4$, $\varkappa''_5\ldots\varkappa''_\mu$ entfernt; dieselbe bleibt dann von dem ursprünglichen Systeme als einzige übrig, wenn man $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa''_4$, $\varkappa''_5\ldots\varkappa''_\mu$ entfernt. Es folgt hieraus, dafs die beiden Combinationen:

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa 3}.w_{\varkappa'' 4}.w_{\varkappa'' 5}\ldots w_{\varkappa''\mu}$$

und $$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa' 3}.w_{\varkappa'' 4}.w_{\varkappa'' 5}\ldots w_{\varkappa''\mu},$$

welche $\mu-1$ gemeinschaftliche Factoren w haben, denselben Coëfficienten haben müssen. Unserer Annahme zufolge haben aber auch die Combinationen:

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa 3}.w_{\varkappa 4}\ldots w_{\varkappa\mu} \text{ und } w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa 3}.w_{\varkappa'' 4}\ldots w_{\varkappa''\mu}$$

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa' 3}.w_{\varkappa' 4}\ldots w_{\varkappa'\mu} \text{ und } w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa' 3}.w_{\varkappa'' 4}\ldots w_{\varkappa''\mu}$$

paarweise denselben Coëfficienten; es sind also auch die Coëfficienten von

$$w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa 3}\ldots w_{\varkappa\mu} \text{ und } w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}.w_{\varkappa' 3}\ldots w_{\varkappa'\mu}$$

einander gleich.

Wir haben hierdurch bewiesen, dafs der gemeinschaftliche Nenner der I's die Summe derjenigen Combinationen von w_1, w_2, $\ldots w_n$ zu je μ Elementen, $w_{\varkappa 1}.w_{\varkappa 2}\ldots w_{\varkappa\mu}$ ist,

welche die Eigenschaft haben, dafs nach Fortnahme der Drähte $x_1, x_2 \ldots x_\mu$ keine geschlossene Figur übrig bleibt; diese Summe mit einem Zahlencoëfficienten multiplicirt. Den Zahlencoëfficienten können wir $=1$ setzen, wenn wir die Zähler der I's darnach bestimmen.

Diese Zähler lassen sich jetzt sehr leicht finden. Aus den Gleichungen nämlich:

$$(I_\lambda)=0 \text{ und } (I_\lambda)=I'_\lambda,$$

von denen die erste gilt, wenn $\lambda \leqq \mu-1$, die zweite, wenn $\lambda > \mu-1$ ist, folgt:

$$\overset{\lambda}{A}_{1,2,\ldots\mu-1}=E_{\lambda 1}+E_{\lambda 2}+\ldots+E_{\lambda\nu}$$

für den Fall, dafs λ unter $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_\nu$ vorkommt, und

$$\overset{\lambda}{A}_{1,2,\ldots\mu-1}=0$$

für den entgegengesetzten Fall.

Es ist also der Coëfficient des Gliedes $w_1 . w_2 \ldots w_{\mu-1}$ — von welchem wir schon früher gezeigt haben, dafs er nur dann von 0 verschieden seyn kann, wenn nach Fortnahme von $1, 2, \ldots \mu-1$ eine einzige geschlossene Figur übrig bleibt — $=0$, wenn in dieser Figur λ nicht vorkommt; kommt λ in ihr vor, so ist er $=$ der Summe der elektromotorischen Kräfte, die sich auf derselben befinden; diese nach der Richtung positiv gerechnet, nach welcher I_λ als positiv gerechnet ist.

5.

Wir müssen jetzt noch, um unseren Satz, wie wir ihn ausgesprochen, bewiesen zu haben, zeigen, dafs $\mu=n-m+1$ ist. Diese Behauptung gilt nur, wenn das gegebene Drahtsystem nicht in mehrere, völlig von einander getrennte, zerfällt, während die bis jetzt angestellten Betrachtungen eine solche Voraussetzung nicht erforderten.

Wie wir gesehen haben, ist μ die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche sich mit Hülfe des Satzes I ableiten lassen; die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche der Satz II liefert, mufs daher $n-\mu$ seyn. Nun läfst es sich aber zeigen, dafs, unter jener Voraussetzung, diese Anzahl $m-1$ ist; woraus dann $\mu=n-m+1$ folgt.

Mehr als $m-1$ von einander unabhängige Gleichungen lassen sich mit Hülfe des Satzes II nicht ableiten; denn wenden wir denselben auf alle m Kreuzungspunkte an, so kommt in den dadurch entstehenden Gleichungen ein jedes I zwei Mal vor, einmal mit dem Coëfficienten $+1$, das andere Mal mit dem Coëfficienten -1; die Summe sämmtlicher Gleichungen giebt also die identische Gleichung $0=0$. Die Gleichungen, welche man durch Anwendung jenes Satzes auf $m-1$ beliebige Kreuzungspunkte erhält, sind aber von einander unabhängig, denn sie haben die Eigenschaft, dafs, wenn wir beliebige und beliebig viele unter ihnen auswählen, in diesen eine oder einige der Unbekannten nur einmal vorkommen. Nennen wir nämlich die Kreuzungspunkte $1, 2, .. m$, einen Draht, durch welchen 2 von ihnen, $\varkappa$ und λ, mit einander verbunden sind $(\varkappa, \lambda)$, so kommt in den Gleichungen, welche durch Betrachtung der Punkte $\varkappa_1, \varkappa_2, .. \varkappa_\nu$ abgeleitet sind, wenn einer derselben, etwa $\varkappa_1$, aufser mit Punkten, die unter $\varkappa_2, .. \varkappa_\nu$ vorkommen, noch mit einem anderen, λ, verbunden ist, die Unbekannte $I_{(\varkappa_1, \lambda)}$ nur einmal vor. Einer der Punkte $\varkappa_1, \varkappa_2 .. \varkappa_\nu$ mufs aber, aufser mit anderen derselben, noch mit einem Punkte λ verbunden seyn, wenn die Drähte, welche die Punkte $\varkappa_1, \varkappa_2 .. \varkappa_\nu$ mit einander verbinden, nicht ein in sich abgeschlossenes System bilden.

Es sey mir erlaubt, noch einige Bemerkungen zu dem eben bewiesenen Satze zu machen.

Ordnet man die Glieder des Zählers von I_λ nach den Gröfsen $E_1, E_2 .. E_n$, so wird der Coëfficient von $E_\varkappa$ die Summe der, theils positiven, theils negativen, Combinationen von $w_1, w_2, .. w_n$ zu je $\mu-1$, welche im Nenner der I's sowohl mit w_λ als mit $w_\varkappa$ multiplicirt vorkommen; es sind dieses ja gerade die Combinationen $w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} .. . w_{k\mu-1}$, welche die Eigenschaft haben, dafs nach Fortnahme der Drähte $\varkappa_1, \varkappa_2 .. \varkappa_{\mu-1}$ nur eine geschlossene Figur übrig bleibt, und dafs in dieser sowohl λ als $\varkappa$ vorkommt; positiv ist $w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} .. w_{k\mu-1}$ zu nehmen, wenn in der übrigblei-

benden Figur die positive Richtung von I_λ mit der Richtung von $E_\varkappa$ zusammenfällt, negativ im entgegengesetzten Falle.

Es geht hieraus unter Anderem hervor, daſs, wenn wir aus einem beliebigen Systeme zwei Drähte auswählen, die Intensität des Stromes, welcher in dem einen hervorgebracht wird durch eine elektromotorische Kraft in dem zweiten, gerade dieselbe ist als die Intensität des Stromes, welcher in dem zweiten hervorgebracht wird durch eine eben so groſse elektromotorische Kraft in dem ersten.

Die Bedingung, welche wir für das Vorkommen einer Combination in dem Nenner der I's gefunden haben, läſst sich, wie man leicht einsieht, auch auf die folgende Weise aussprechen: die Combination $w_{\varkappa 1} . w_{\varkappa 2} \ldots w_{\varkappa \mu}$ kommt vor, wenn die Gleichungen, welche der Satz I liefert, unabhängig in Bezug auf $I_{\varkappa 1}$, $I_{\varkappa 2} \ldots$, $I_{\varkappa \mu}$ sind; es läſst sich zeigen, daſs diese Bedingung mit der übereinkommt, daſs es zwischen $I_{\varkappa 1}$, $I_{\varkappa 2} \ldots$, $I_{\varkappa \mu}$, oder einigen dieser Gröſsen, keine Gleichung giebt, welche aus den Gleichungen, die durch Anwendung des Satzes II entstanden sind, abgeleitet werden kann. Diese Bemerkung wird es häufig leichter machen, die Combinationen aufzustellen, welche im Nenner der I's fehlen. Stoſsen z. B. die Drähte 1, 2, 3 in einem Punkte zusammen, 3, 4, 5 in einem zweiten, 5, 6, 7 in einem dritten (wie in Fig. 4, Taf. V), so fehlen alle Combinationen, welche:

$$w_1 . w_2 . w_3 \quad , \quad w_3 . w_4 . w_5 \quad , \quad w_5 . w_6 . w_7$$
$$w_1 . w_2 . w_4 . w_5 \quad , \quad w_3 . w_4 . w_6 . w_7$$
$$w_1 . w_2 . w_4 . w_6 . w_7$$

enthalten.

Der Nenner der I's bei der, in der Figur 5, Taf. V, dargestellten, Combination der Drähte, ist hiernach die Summe aller Combinationen von w_1, $w_2 \ldots w_6$ zu je drei Elementen, mit Ausnahme der folgenden:

$$w_1 . w_2 . w_4 \quad , \quad w_1 . w_3 . w_5 \quad , \quad w_2 . w_3 . w_6 \quad , \quad w_4 . w_5 . w_6 .$$

II. *Ueber die Fraunhofer'schen Gitterspectra und Analyse des Lichtes derselben;* *von O. F. Mossotti* [1]),

Prof. der Mathematik in Pisa.

Diese Abhandlung besteht aus zwei Theilen. Der erste Theil, gleichsam die Einleitung, enthält die Ankündigung der mathematischen Analyse des Sonnenspectrums, wie sie in der physiko-mathematischen Section der in Lucca gehaltenen fünften Versammlung italiänischer Naturforscher vorgelesen worden ist. Der zweite Theil entwickelt den im Verfolge angestellten Calcul, um genauer aus den Fraunhofer'schen Versuchen die Resultate herzuleiten, die nach einem ersten Angriff der Untersuchung bloſs angezeigt waren.

Erster Theil. Einleitung.

1. Die Physiker, welche das Sonnenspectrum untersucht haben, um die Ausdehnung der in demselben enthaltenen Farben, die Lichtstärke an den verschiedenen Stellen und die Länge der entsprechenden Accesse oder Undulationen zu erkennen, haben sich im Allgemeinen des durch Brechung gebildeten Spectrums bedient. Allein das Bild des Spectrums, welches man durch Brechung erhält, ist ein entstelltes. Die stärker brechbaren Theile sind verlängert, die weniger brechbaren verkürzt, und es hält schwer die Beschaffenheit der Bestandtheile eines natürlichen Lichtstrahls auf diese Weise zu erkennen.

Newton, welcher sich zuerst bemühte, die Länge der den sieben unterscheidbareren Farben des Spectrums zukommenden Theile anzugeben, fand eine Analogie zwischen den

1) *Sulle proprietà degli Spettri di Fraunhofer formati dai reticoli ed Analisi della luce che somministrano*, *Memoria di* O. F. Mossotti (*Pisa* 1845). — Einer Erwähnung dieser Arbeit geschah schon von Melloni, Annalen, Bd. 62, S. 24.

Längen dieser Theile und den Unterschieden der Zahlen, welche die Werthe der Töne einer Octave der Mollscale geben. Diese Analogie ist aber rein zufällig; die respectiven Längen der verschiedenen farbigen Theile in dem durch Brechung gebildeten Spectrum sind veränderlich nach der Substanz des Körpers, welchen man anwendet. Gerade in der Voraussetzung, dafs die von verschiedenen Substanzen gebildeten Spectra einander ähnlich seyen, fiel Newton in den falschen Schlufs, dafs der Achromatismus in dioptrischen Fernröhren unmöglich sey, was die Erfahrung seitdem widerlegt hat.

Dieser Analogie folgend, bildete Newton einen Farbenkreis, welcher bestimmt seyn würde das Bild des Spectrums vorzustellen, unabhängig von der Verlängerung oder Verkürzung, welche die Brechung in den verschiedenen Theilen des prismatischen Spectrums hervorbringt. Dieser Kreis giebt durch die Farbe, welche aus der Mischung oder Ueberdeckung mehrer Farben hervorgeht, sehr nahe richtige Resultate, ist aber auf einem hypothetischen Fundament construirt.

Endlich bediente sich Newton dieser selben Analogie zur Aufstellung eines Gesetzes zwischen den Orten, welche die verschiedenen Farben im prismatischen Spectrum einnehmen, und der Länge der entsprechenden Accesse. Dieses Gesetz führt zu einer bemerkenswerthen Relation, welche zuerst von Blanc aufgefunden worden ist [1]), nämlich, dafs die Länge des Accesses irgend eines Farbenstrahls proportional ist der Potenz von $\frac{1}{2}$, deren Exponenten man erhält, wenn man zwei Drittel des Bogens, an dessen Ende dieselbe Farbe auf den Newton'schen Farbenkreis zu setzen wäre, durch den ganzen Kreisumfang dividirt. Die Werthe, welche man nach dieser Relation für die Länge der Accesse oder Undulationen der verschiedenen Theile des Spectrums erhält, entfernen sich aber gegen das Ende desselben merklich von der Wahrheit [2]).

1) Siehe Biot, *Précis element. de Phys. exp. Edit. III, T. II, p.* 434.

2) Ungeachtet dieser kritischen Bemerkung ist es merkwürdig, wie New-

2. Ein besserer Weg, die Zusammensetzung des natürlichen Lichtes und die Relation, die, im Vacuo oder in Luft, zwischen den Wellenlängen der dasselbe zusammensetzenden Strahlen und den Orten dieser Strahlen im Spectrum existirt, zu erkennen, besteht in der Anwendung der Spectra, die man mittelst Gitter erhält, und zuerst von Fraunhofer beobachtet worden sind. Bei diesen Spectris ist das einzige zu ihrer Bildung beitragende Element die Wellenlänge der verschiedenen, das natürliche Licht zusammensetzenden Strahlen; in ihnen zeigt sich das Phänomen in seiner gröfsten Einfachheit, ohne die Veränderungen, welche der Durchgang der Strahlen durch ein brechendes Mittel erzeugt. Man hat also in dem Gitterspectrum ein normales Spectrum, auf welche die übrigen, auf andere Weise erzeugten, veränderlichen Spectra zurückzuführen sind.

Nach dieser Idee habe ich aus den von Fraunhofer mit bewundernswürdiger Genauigkeit angestellten Beobachtungen hergeleitet die Länge der verschiedenen Theile des Gitterspectrums, die den Intervallen der sieben hauptsächlichsten, von Fraunhofer nachgewiesenen dunklen Linien entsprechen. Diese Linien liefern eben so viele Haltpunkte, auf welche man die verschiedenen Theile des Spectrums beziehen kann; sie werden deshalb mit den Buchstaben *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H* bezeichnet und Hauptstriche genannt. Die Fig. 10, Taf. III, veranschaulicht ein Spectrum dieser Art. Vergleicht man dieselbe mit Fig. 9, welche ein anderes, von Fraunhofer durch Brechung mittelst seines Flintglas-Prismas No. 13 [1]) erhaltenes Spectrum darstellt, so sieht man, wie grofs die Verschiedenheit der Ausdehnung der verschiedenen Theile, und wie sehr entstellt das Brechungsspectrum ist. Die Zwischenräume der Hauptstri-

ton, zur ersten Analyse des Spectrums, gewufst hat, die verschiedenen zur Bildung desselben beitragenden Elemente durch einfache und elegante, obwohl nur angenäherte Gesetze mit einander zu verbinden. Siehe die Note am Schlusse.

1) Denkschriften d. Acad. der Wissenschaften zu München f. 1823.

che werden im Gitterspectrum respective ausgedrückt durch die Zahlen:

BC	CD	DE	EF	FG	GH
31	66	61	41	54	35

und in dem Brechungsspectrum:

13	35	46	40	79	71.

3. Das Gitterspectrum zeichnet sich durch eine sonderbare Eigenschaft aus. In dem durch Brechung gebildeten Spectrum, welches, weil es gröfser und heller ist, eine leichtere Beobachtung gestattet, hat Fraunhofer die Lichtstärke für die den Hauptstrichen nächsten Theile bestimmt [1]). Die Curve über Fig. 9, Taf. III, giebt durch ihre Ordinaten die Lichtstärke der darunterstehenden Punkte des Spectrums. Die punktirte Linie μ zwischen D und E ist so gezogen, dafs sie das Spectrum in zwei Theile zerschneidet, in welchen die Lichtmengen der verschiedenen Theile zwei gleiche Summen bilden, oder dafs sie das gesammte Licht des Spectrums halbirt. Zieht man im Gitterspectrum zwischen D und E eine Linie m solchergestalt, dafs sie den dem Strahle μ entsprechenden Ort bezeichnet, so halbirt sie die gesammte Länge des Spectrums. Diese Einfachheit der Vertheilung der Lichtmenge im Gitterspectrum ist ein unterscheidendes Kennzeichen eines normalen Spectrums.

Im prismatischen Spectrum fällt das Maximum der Lichtstärke, welches der Maximum-Ordinate der Curve entspricht, auf m etwa bei $\frac{7}{24}$ des Zwischenraums DE von D nach E gerechnet, und liegt daher von der Linie μ aus gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums hin. Erwägt man, dafs gegen diese Seite hin die Theile des prismatischen Spectrums sich immer mehr zusammenziehen, so ist nicht schwierig einzusehen, dafs das Maximum des Lichts, welches sich im normalen Spectrum auf der Linie μ befindet, im prismatischen Spectrum nach der Seite D verschoben seyn kann, allemal wenn die Ordinaten der Intensitätscurven einen

1) Gilbert's Annal. d. Physik, 1817. Denkschrift. d. Acad. d. Wiss. zu München f. 1814 bis 1815.

nem Abnahme-Gesetze folgen langsamer als das, nach welchem die Refraction die Lichtstrahlen auf derselben Seite verdichtet. In der That ergiebt sich, dafs die Lichtstärke im normalen Spectrum in der Mitte im Maximum ist, und diefs- und jenseits symmetrisch abnimmt, so dafs das Gesetz ihrer Veränderung vorgestellt wird durch die über Fig. 10 stehende Curve, welche um die Linie μ symmetrisch ist, und in dieser ihre Axe bekommt.

4. Die von Newton behandelte, recht wichtige Aufgabe, eine Beziehung zwischen der Länge der Accesse oder Undulationen und der entsprechenden Farbe aufzustellen, findet sich von selbst durch die Bildung des Gitterspectrums gelöst. In der That, auf welche Weise man auch dieses Spectrum erzeugt, so wachsen doch die verschiedenen Theile des Gitterspectrums nahe im Verhältnifs wie die Wellenlängen in den entsprechenden Strahlen. Denken wir uns, die Länge des Gitterspectrums sey, wie der Kreisumfang, in 360 Theile getheilt und bezeichnen dieselbe mit 2π, so finden wir aus den Daten der Beobachtung, dafs die Wellenlänge λ_ϕ des Strahls, der dem Endpunkte des von der Mitte des Spectrums gezählten Bogens φ entspricht, gegeben ist durch:

$$\lambda_\phi = 553{,}5 + 184{,}5\frac{\varphi}{\pi} \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

In dieser Formel mufs der Bogen oder Abstand positiv gegen das rothe, und negativ gegen das violette Ende des Spectrums hin genommen werden, und die Längeneinheit beim Messen der Wellenlängen ist der millionte Theil des Millimeters.

Die Formel, welche aus der von Blanc auf Grund der Newton'schen Hypothese entdeckten Relation hervorgeht, ist:

$$\lambda_\phi = 511{,}6\left(\frac{1}{2}\right)^{-\frac{\phi}{3\pi}}$$

giebt aber gegen die Enden des Spectrums hin merklich von der Wellenlänge abweichende Werthe.

Macht man in der Formel (1) erst $\varphi = -\pi$ und darauf $\varphi = \pi$, so kommt:

$$\lambda_{-\pi} = 369 \; ; \; \lambda_{\pi} = 738.$$

Diese Werthe entsprechen dem violetten und dem rothen Ende des Spectrums, und da der zweite Werth doppelt so grofs als der erste ist, so ergiebt sich, dafs die Wellenlänge des äufsersten rothen Strahls das Doppelte von der des äufsersten violetten beträgt, wenn diese Extreme, wie es Fraunhofer gethan, mittelst eines Fernrohrs beobachtet werden, und man bei den Punkten einhält, wo die Farben noch wohl zu unterscheiden sind.

Macht man in derselben Formel (1) $\varphi = 0$, so hat man

$$\lambda_{\mu} = 553{,}5,$$

d. h. in der Mitte des Spectrums beträgt die Wellenlänge 553,5 Milliontel eines Millimeters. Nun haben wir bemerkt, dafs die Mitte dem Maximo der Lichtstärke entspricht; angenommen also, dafs in jedem Theile des Spectrums eine gleiche Menge Strahlen existire, werden wir sagen, dafs diejenigen, deren Wellen eine Länge von 553,5 Millionteln eines Millimeters haben, die wirksamsten sind, um die Lichtempfindung in uns zu erregen, dafs diese Fähigkeit der Erzeugung des physiologischen Effects des Sehens, sowohl mit wachsender als mit abnehmender Wellenlänge sich verringert, und endlich nahezu Null wird, wenn die Wellen um ein Drittel der Länge, welche dem Maximum-Effect entspricht, zu- oder abgenommen haben.

5. Aus der Einfachheit dieser Resultate schliefsen wir also, dafs, um die Vertheilung und Beschaffenheit der das Sonnenlicht zusammensetzenden Strahlen zu erkennen, es zweckmäfsig sey sich des mittelst eines Gitters gebildeten Spectrums zu bedienen, da dieses eigentlich ein normales ist. In diesem Spectrum findet sich von seiner Mitte aus das Licht symmetrisch vertheilt, und die Relation zwischen der Wellenlänge der Strahlen und den Abständen vom Centro, in welchen die ihnen entsprechenden Farben im Spectrum erscheinen, ist durch ein einfaches Gesetz direct vom Experiment gegeben.

Die auseinandergesetzten Eigenschaften der Gitterspectra und der von mir daraus gezogene Schlufs, dafs sie neue numerische Data für die optischen Fragen liefern, sind mir wichtig erschienen, um sie dieser geehrten und gelehrten Versammlung mitzutheilen.

Zweiter Theil. Analyse.

Dieser zweite Theil enthält die mathematischen Beweise der im ersten Theil angedeuteten Deduction.

§. 1. Werth des Brechungsindexes vom Fraunhofer'schen Prisma No. 13 [1]), in Function der Wellenlänge.

1. Als Fraunhofer das Spectrum eines Flintglas-Prismas, dessen brechender Winkel 26° 24′ 30″ war, durch das Fernrohr eines Theodolithen beobachtete und das Prisma die Stellung der Minimum-Ablenkung des Spectrums besafs, fand er, dafs die Hauptlinie *D* um den Winkel von 17° 27′ 8″ gebrochen war, und, als er die Winkel zwischen dem Streifen *D* und den übrigen Hauptstreifen *B*, *C*, *E*, *F*, *G*, *H* (Fig. 9, Taf. III) mafs, erhielt er:

BD.	*CD*.	*DE*.	*DF*.	*DG*.	*DH*.
12′ 20″,2 ;	—9′ 4″,2 ;	11′ 50″,0 ;	22′ 23″,9 ;	42′ 47″,8 ;	61′ 5″,8

Aus einer Reihe von Beobachtungen an dem durch Gitter gebildeten und blofs mit Hülfe eines Theodolith-Fernrohrs beobachteten Sonnenspectrum hat Fraunhofer ferner für die Wellenlänge der an diesen Hauptstreifen liegenden Strahlen folgende mittlere Werthe, ausgedrückt in Millionteln des Millimeters, abgeleitet:

B.	*C*.	*D*.	*E*.	*F*.	*G*.	*H*.
688 ;	656 ;	589 ;	526 ;	484 ;	429 ;	393 . . [2]).

Diesen Werthen zufolge würde ein Gitter, in welchem die Summe eines dunklen und eines hellen Zwischenraums

1) Gilbert's Annalen der Physik, 1817. — Münchener Denkschriften f. 1814 bis 1815.

2) Denkschriften der Münchener Academie f. 1823.

ungefähr $0^{mm},088$ betrüge (was zwischen den von Fraunhofer angewandten das Mittel hielte) ein Spectrum darbieten, in welchem der Winkelabstand zwischen der Linie D und den übrigen B, C, E, F, G, H, gemessen im Brennpunkt des Theodolithen-Fernrohrs, ausgedrückt wäre durch:

BD	*DC.*	*DE.*	*DF.*	*DG.*	*DH.*
—4′ 15″ ;	—2′ 52″ ;	2′ 43″ ;	4′ 21″ ;	7′ 3 ;	8′ 36″.

In diesem Spectrum, Fig. 10, Taf. III, welches wir das *normale* nennen wollen, verändern sich die Zwischenräume der Hauptstreifen proportional den respectiven Wellenlängen der anstofsenden Strahlen, und vergleicht man es mit dem vorhergehenden prismatischen Spectrum, so sieht man, dafs in diesem die Zwischenräume *BD*, *DC* u. s. w., verglichen mit denen des ersten, gegen das rothe Ende hin an Ausdehnung abnehmen, während die Zwischenräume *DE*, *DF* u. s. w. gegen das violette Ende hin vergleichungsweise an Ausdehnung zunehmen. Diese Verschiedenheit der Ausdehnung hängt davon ab, dafs die entsprechenden Strahlen von geringerer Wellenlänge gebrochen werden in einem umgekehrten Verhältnifs, gröfser als das einfache, in welchem die Wellenlängen abnehmen.

2. In der Mittheilung, die ich in der dritten, zu Florenz gehaltenen wissenschaftlichen Versammlung gemacht habe, habe ich die Formel gegeben, welche den Brechungsindex in Function der Wellenlängen ausdrückt. Dehnt man die erwähnte Formel aus, indem man die Approximation bis zur vierten Potenz der Wellenlängen treibt, so kann sie durch folgende Function vorgestellt werden:

$$\frac{1}{V} = i + h\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 + k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

In dieser Formel bezeichnet V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in dem brechenden Mittel, die im Vacuo oder in Luft als Einheit genommen; $\frac{1}{V}$ entspricht daher dem Brechungsindex; λ_0 bezeichnet in Luft die Wel-

lenlänge eines Strahls von gegebener Farbe und λ dieselbe für einen Strahl irgend einer Farbe; i, h, k sind drei constante Coëfficienten, welche von der Natur des Mittels abhängen, und experimentell für jede brechende Substanz bestimmt werden können.

3. Um diese Bestimmung in unserem Falle auszuführen, nehmen wir eine bekannte Formel zu Hülfe, deren sich schon Fraunhofer bedient hat. Bezeichnet $\varphi = 26^\circ\, 24'\, 30''$ den brechenden Winkel des Prismas, $\psi = 17^\circ\, 21'\, 8''$ den Brechungswinkel des Strahls von der der Linie D anliegenden Farbe, und x den Winkelabstand im Spectrum zwischen der Linie D und der Linie, welche durch die der Länge λ entsprechende Farbe geht, so hat man:

$$\frac{1}{V} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi + x)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}.$$

Setzt man diesen Werth des Brechungsindexes dem vorherigen gleich, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi + x)}{\sin \frac{1}{2}\varphi} = i + h\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 + k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 \quad . \; . \; . \; (2)$$

Der Werth des ersten Gliedes kann für jeden der Hauptstreifen mittelst der vorhin gegebenen Gröfsen berechnet werden; substituirt man also im zweiten Gliede für λ_0 und λ die schon angeführten entsprechenden Werthe der Wellenlänge, so erhält man eben so viele Gleichungen, aus welchen man die Werthe der Constanten i, h, k ableiten kann, wenn man will, unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate.

Um diese Bestimmung bequemer zu erlangen, braucht man die obige Gleichung nur einer Transformation zu unterwerfen. Zunächst, da wenn man in derselben $\lambda = \lambda_0$ macht, $x = 0$ seyn mufs, hat man:

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi} = i + h + k \quad . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

Eliminirt man nun i mittelst dieses Ausdrucks und substituirt für die Differenz der Sinus das Doppelte des Products des Cosinus der halben Summe in den Sinus der halben Differenz, so erhält man:

$$2\frac{\cos\frac{1}{2}(\varphi+\psi+\frac{1}{2}x)}{\left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2-1\right]\sin\frac{1}{2}\varphi}\sin\tfrac{1}{2}x=h+\left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2+1\right]k.$$

Bei Anwendung dieser Formel zur Bestimmung der beiden Constanten h und k, setzt man in derselben statt der auf den sechs Linien B, C, D, E, F, G liegenden Strahlen respective die Werthe von x:

DB.	*DC.*	*DE.*	*DF.*	*DG*	*DH.*
−12′ 20″,2 ;	−9′ 4″,2 ;	11′ 50″,0 ;	22′ 23″,9 ;	42′ 47″,8 ;	61′ 5″,8

und entsprechend:

$\lambda=688$	656	526	484	428	393,

während $\lambda_0=589$.

Die Ausführung der Rechnung ergiebt die sechs Gleichungen:

$$\begin{aligned}
0{,}027291 &= h+1{,}7329\,k\\
0{,}027650 &= h+1{,}8061\,k\\
0{,}027519 &= h+2{,}2539\,k\\
0{,}027494 &= h+2{,}4809\,k\\
0{,}028527 &= h+2{,}8850\,k\\
0{,}028903 &= h+3{,}2463\,k
\end{aligned}$$

woraus nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$h=0{,}025555 \qquad k=0{,}000975$$

und dann erhält man aus der Gleichung (3):

$$i=1{,}608506.$$

Mit diesem Zahlenwerth wird der Brechungsindex des Flintglases, aus welchem das von Fraunhofer zu seinen Versuchen angewandte Prisma bestand, ausgedrückt in Function der Wellenlänge im Vacuo für die verschiedenen Farbenstrahlen durch:

$$\frac{1}{V}=1{,}608506+0{,}025555\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2+0{,}000975\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4.$$

Um zu prüfen, bis zu welchem Grade von Genauigkeit diese Formel die Beobachtungen darstellen könne, habe ich mittelst Gleichung (1) die Werthe von x der sechs Abstände zwischen den Hauptstreifen des Spectrums berechnet, und somit erhalten:

BD.	*DC.*	*DE.*	*DF.*	*DG.*	*DH.*
−12′19″,6 ;	−8′57″,2 ;	11′56″,0 ;	22′48″,8 ;	42′33″,6 ;	60′43″,1.

Der Vergleich dieser Werthe mit den oben erwähnten, durch Beobachtung gegebenen, zeigt eine genügende Uebereinstimmung.

§. II. Von der respectiven Lichtstärke in den verschiedenen Theilen des prismatischen und des Gitter-Spectrums.

4. Da das prismatische Spectrum ausgedehnter, und von lebhafteren und deutlicheren Farben ist, so hat Fraunhofer die Lichtstärke desselben in der Nähe der Hauptstreifen, angenähert und verglichen mit dem Lichte einer in verschiedene Entfernungen gestellten Lampe, messen können. Die Resultate seiner Beobachtungen sind in folgender Tafel enthalten:

Nummer der Beobacht.	Lichtstärke bei							
	B.	*E.*	*D.*	zwisch. *D* u. *E.*	*E.*	*F.*	*G.*	*H.*
I.	0,010	0,048	0,61	1,00	0,44	0,084	0,010	0,0011
II.	0,044	0,096	0,59	1,00	0,38	0,140	0,029	0,0072
III.	0,053	0,150	0,72	1,00	0,61	0,250	0,053	0,0090
IV.	0,020	0,084	0,62	1,00	0,49	0,190	0,032	0,0050
Mittel	0,032	0,094	0,64	1,00	0,48	0,168	0,031	0,0056

Das zur Einheit angenommene Maximum des Lichts fällt zwischen *D* und *E*. Durch die Natur des Maximums selber war es schwierig den Ort, wohin es falle, genau festzusetzen. Fraunhofer setzt es zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ des Intervalles *DE* von *D* nach *E*.

Die Ordinaten der Curve über dem Bilde des Spectrums, Fig. 9, Taf. III, stellen die mittleren beobachteten Lichtstärken der darunter stehenden Punkte des Spectrums, entsprechend denselben Abscissen, vor. Aus dem Anblick dieser Curve ersieht man, dafs die Lichtstärken verhältnifsmäfsig weiter gegen das rothe Ende hin auslaufen als gegen das violette, was davon abhängen kann, dafs, da der Brechungsindex der kürzeren Undulationen rascher variirt als im umgekehrten Verhältnifs ihrer Länge, die Strahlen respective am rothen Ende mehr verdichtet, am violetten Ende mehr ausgebreitet sind. Das Verhältnifs, nach welchem die Dichtigkeit der Strahlen in den Theilen des pris-

matischen Spectrums sich ändert, verglichen mit dem, nach welchen sie in den entsprechenden Theilen des Gitterspectrums vertheilt sind, ist proportional dem Differentialcoëfficienten $\frac{dx}{d\lambda}$, dergestalt, dafs wenn G die Lichtstärke des Punktes x im prismatischen Spectro heifst, Γ die entsprechende des Punktes λ im Gitterspectrum seyn mufs:

$$\Gamma = n\frac{dx}{d\lambda}G \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

wo n ein constanter Coëfficient ist.

Der Werth des Differentialcoëfficienten $\frac{dx}{d\lambda}$ ergiebt sich aus der Gleichung (1), welche differentiirt liefert:

$$\frac{dx}{d\lambda} = -\frac{4}{\lambda_0}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^3\left[h + 2k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2\right]\frac{\sin\frac{1}{2}\varphi}{\sin\frac{1}{2}(\varphi+\psi+x)}$$

wodurch:

$$\Gamma = -\frac{4n}{\lambda_0}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^3\left[h + 2k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2\right]\frac{\sin\frac{1}{2}\varphi}{\sin\frac{1}{2}(\varphi+\psi+x)}\,.\,G.$$

Substituirt man für G die obigen mittleren Werthe und für λ_0, λ, x, φ, ψ die Data des vorhergehenden Paragraphs, so findet man für die Punkte der Hauptstreifen die folgenden Werthe von $\frac{1}{n}\Gamma$:

B.	*C.*	*D.*	*E.*	*F.*	*G.*	*H.*
9054 ;	30851 ;	294375 ;	315787 ;	145931 ;	39316 ;	9471.

Diese Zahlen geben die Verhältnisse der Lichtstärke des Gitterspectrums an den erwähnten Punkten.

§. III. Von der Curve, welche die Lichtstärke in den verschiedenen Theilen des Gitterspectrums darstellt.

5. Da die Lichtstärken der verschiedenen Theile des Spectrums mittelst des Auges wahrgenommen werden, so müssen sie abhängen sowohl von der Menge der an einem Theile versammelten Strahlen als auch von der Empfindlichkeit der Netzhaut für die besondere Art derselben. Das Gesetz der Veränderlichkeit dieser Stärke, als abhängig zu-

gleich von physischen und physiologischen Elementen, ist zu complicirt, um beim gegenwärtigen Zustande unserer Wissenschaft *a priori* hergeleitet werden zu können. Da wir aber schon die Verhältnisse der Lichtstärken in den verschiedenen Theilen des Gitterspectrums bestimmt haben, so werden wir *a posteriori* eine Formel aufsuchen können, welche sie durch ein Stetigkeitsgesetz an einander bindet, und dadurch ihre Eigenschaften klarer kund giebt.

Zur Aufstellung einer Formel, welche mit einer kleineren Zahl von Constanten die beobachteten Intensitäten darstellt, ist es zweckmäfsig mit directen Versuchen zu der Prüfung zu schreiten, welche die gegebenen Werthe zu interpoliren liefern. Der Anblick der vorhin gegebenen Werthe von $\frac{1}{n}\Gamma$ zeigt uns, dafs sie von der Mitte aus nach den Enden abnehmen, in einer Weise, die auf ein gleiches Abnahmegesetz nach beiden Seiten hindeutet. Ich will daher, um die Lichtstärken im Gitterspectrum vorzustellen, die Ordinaten einer symmetrischen Curve nehmen, und als Axe der Curve die Linie wählen, welche durch die Punkte geht, wo die Wellenlänge $\lambda_\mu = 553{,}5$ ist. Ich habe folgende Formel angenommen:

$$z^4 = \tfrac{1}{3}\chi \left\{ 1 - \frac{3\chi(1-\chi)}{1 + 4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}} \right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

in welchen ich zur Homogenität der Glieder gemacht:

$$z = 3\pi \frac{\lambda - \lambda_\mu}{\lambda_\mu} \;..\; (7); \qquad \chi = \frac{1-\Gamma}{\Gamma} \;\ldots\ldots\; (8)$$

und vorausgesetzt habe, der Maximum-Werth von Γ, nämlich der, welcher der Axe der Curve entspricht, sey zur Einheit genommen.

Damit die angenommene Formel die Intensität des Gitterspectrums vorstellen könne, mufs sie folgenden zwei Bedingungen genügen:

Erstens: Berechnet man mittelst derselben das Maximum der Lichtstärke im prismatischen Spectro, so mufs

dieses in den Zwischenraum DE fallen, um $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ desselben von D gegen E.

Zweitens: Die den Orten an den Linien B, C, D, E, F, G, H im prismatischen Spectrum entsprechenden berechneten Lichtstärken müssen sehr nahe übereinstimmen mit den beobachteten, deren Werthe wir unter No. 4 gegeben haben.

6. Um zu erkennen, ob die Formel (6) die angegebene Eigenschaft besitze, bemerke ich zuvörderst, dafs die Werthe der Intensität G im Allgemeinen aus denen von Γ abgeleitet werden müssen, mittelst der oben angeführten Gleichung:

$$\Gamma = n \frac{dx}{d\lambda} G \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Um dieser ersten Bedingung zu genügen, differentiire ich diese Gleichung und setze in der Differentialgleichung $\frac{dG}{d\lambda} = 0$, damit der Werth von λ, welcher sie verificirt, dem Maximo von G angehöre. Hiedurch erhalte ich:

$$\frac{d\Gamma}{d\lambda} = n \frac{d^2x}{d\lambda^2} G;$$

und darauf nG mittelst der vorherigen Gleichung eliminirend:

$$\frac{d\Gamma}{d\lambda} = -\frac{\frac{d^2x}{d\lambda^2}}{\frac{dx}{d\lambda}} \Gamma.$$

und erwägend, dafs die Gleichung (8) giebt:

$$\Gamma = \frac{1}{1+\chi} \quad \frac{d\Gamma}{d\lambda} = -\frac{d\chi}{d\lambda} \cdot \frac{1}{(1+\chi)^2}$$

hat man nach Einführung von χ statt Γ:

$$\frac{d\chi}{d\lambda} = \frac{\frac{d^2x}{d\lambda^2}}{\frac{dx}{d\lambda}} (1+\chi).$$

Die in dieser Gleichung zu substituirenden Werthe von $\frac{d\chi}{d\lambda}$, und $\frac{d^2x}{d\lambda^2} : \frac{dx}{d\lambda}$ müssen durch Differentiation aus den

Gleichungen (6) und (5) genommen werden, welche geben:

$$z^3 = -\frac{\lambda_\mu}{4.3^2\pi}\left\{1 - \frac{3\chi(2-3\chi)}{1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}} + \frac{12\chi^2(3-2\chi+\chi^2)e^{-\frac{3}{\chi}}}{((1+4\chi^2)+e^{-\frac{3}{\chi}}}\right\}\frac{d\chi}{d\lambda}$$

$$\frac{d^2x}{d\lambda^2} = -\frac{1}{\lambda_0}\left\{\frac{3h+10k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2}{h+3k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2}\frac{\lambda_0}{\lambda} - \frac{\lambda_0}{2}\frac{dx}{d\lambda}\,tang\,\tfrac{1}{2}(\psi+\varphi+x)\right\}\frac{dx}{d\lambda}$$

und mit diesen Werthen nimmt die vorhergehende Gleichung die Form (9) an:

$$z^3 = \frac{1}{4.3^2.\pi}\cdot\frac{\lambda_\mu}{\lambda_0}H(1+\chi)\left\{1 - \frac{3\chi(2-3\chi)}{1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}} + \frac{12\chi^2(3-\chi+2\chi^2)e^{-\frac{3}{\chi}}}{\left(1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}\right)^2}\right.$$

worin wir Kürze halber H statt der Gröfse gesetzt haben, die im zweiten Theile des Ausdrucks von $\frac{d^2x}{d\lambda^2}$ zwischen den Parenthesen enthalten ist.

Hätten wir χ aus dieser letzten Gleichung und der (6) eliminirt, und statt z und x ihre Werthe (7) und (2) in Function von λ substituirt, so würde die resultirende Gleichung nichts Unbekanntes als λ enthalten haben, und würde fähig seyn den Werth dieser Gröfse für den Ort zu geben, an welchem die Lichtstärke des prismatischen Spectrums ein Maximum werden mufs. Wir wollen diesen Werth mit λ_μ bezeichnen.

Die Elimination und Auflösung, von der wir sprachen, würde unausführbar seyn, wenn sie in ganzer Allgemeinheit vollzogen werden sollte. Man kann aber bemerken, dafs das Maximum von G wenig von dem von Γ entfernt liegen mufs, und dafs die Werthe von Γ in der Nähe des Maximums im Allgemeinen ziemlich wenig variiren, und weniger noch in unserem besonderen Falle wegen der angenommenen Form der Gleichung. Da der Werth von χ in der Formel (6) ziemlich klein seyn mufs und die Exponentiale $e^{-\frac{3}{\chi}}$ eine sehr kleine und zu vernachlässigende Gröfse

wird, so kann man die Gleichungen (6) und (10) auf die Form reduciren:

$$z^4{}_m = \tfrac{1}{3}\chi - \chi^2 + \chi^3$$

$$z^4{}_m = \tfrac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0} \left\{ 1 - 5\chi + 3\chi^2 + 9\chi^3 \right\}$$

Um diese beiden Gleichungen aufzulösen, habe ich ein Täfelchen von fünf Gliedern berechnet, welches die Werthe von $\frac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0}$ giebt durch die vorausgesetzten und denen von λ_m sehr nahen Werthe von λ. Deshalb einen dem wahren sehr nahen Werth für χ nehmend, habe ich mit der ersten der beiden Gleichungen die von z^4 berechnet, und alsdann die von z, aus welcher ich nun ableitete:

$$\lambda = \lambda_\mu + \frac{\lambda_0}{3\pi} z.$$

Mit diesem Werth von λ in das oben erwähnte Täfelchen eingehend, habe ich den von

$$\tfrac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0}$$

ausgezogen, und mit der zweiten Gleichung einen zweiten Werth von z_4 erhalten. Wenn dieser Werth von z_4 mit dem schon aus der ersten Gleichung erhaltenen zusammenfiel, schloſs ich, daſs der vorausgesetzte Werth von χ der wahre sey. Durch diese Methode erhielt ich für das Maximum der Lichtstärke:

$$\chi_m = 0{,}02255 \;;\; \log z^4{}_m = 7{,}84258 \;;\; \lambda_m - \lambda_\mu = 16{,}96,$$

weshalb, da $\lambda_\mu = 553{,}5$, man hat:

$$\lambda_m = 570{,}5.$$

Diesem Werth von λ_m entspricht, wegen der Formel (1), $x = 3'\,4'' = 184''$, so daſs, da das Intervall $DE = 11'\,50'' = 710''$, und folglich $\frac{1}{4} DE = 177'',5$, $\frac{1}{3} DE = 236'',7$; man sieht, daſs der für das Maximum der Lichtstärke im prismatischen Spectrum gefundene Ort auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ des Intervalles DE fällt, wie es die Erfahrung verlangt.

7. Mit dem aus der Formel (8) erhaltenen Werth von χ_m, hat man:

$$\Gamma_m = 0{,}978.$$

Macht man nun in der Gleichung (4) $G=1$, so wird sie durch diesen Werth von Γ_m verificirt seyn müssen, weshalb seyn mufs:

$$n=\frac{\Gamma\mu}{\frac{dx}{d\lambda_m}}$$

und führt man die Rechnung aus, so findet man:

$$\log n=4{,}28391.$$

Dieser Werth von n ist nothwendig, um von dem für das Gitterspectrum geltenden Werth von Γ überzugehen zu dem dem prismatischen Spectrum entsprechenden von G, wenn man mit der Einheit das Maximum der Lichtstärke sowohl in dem einen als in dem anderen Spectrum bezeichnen will [1]).

8. Um zu sehen, ob die angenommene Formel (6) auch die zweite Bedingung erfülle, d. h. die an verschiedenen Punkten des prismatischen Spectrums nahe bei den Hauptstreifen beobachteten Lichtstärken wohl darstelle, hat man aus derselben Formel erstlich die Werthe von Γ, die den zu diesen Streifen gehörigen Werthen von λ entsprechen, abzuleiten, und dann aus diesen Werthen, mittelst der Formel (4), die von G.

Fig. 10, Taf. III repräsentirt die durch Gleichung (6) gegebene Curve, vorausgesetzt es sey in diese Gleichung statt χ sein Ausdruck (8) gesetzt, und es bezeichne Γ die Ordinate und z die Abscisse, gezählt von der Axe μ aus, und gemessen in Theilen der halben Circumferenz. Ich nahm anfangs auf diese in richtigen Verhältnissen gezeichnete Curve die nächsten Werthe von Γ, welche den zu den Linien B, C, D, E, F, G, H gehörigen Werthen

1) Wollte man die Bedingung erfüllen, dafs die beiden Spectra dieselbe Lichtmenge enthalten sollen, so müfste man n mittelst der Formel $n=\frac{\int\Gamma d\lambda}{\int G dx}$ bestimmen, und deshalb die aus unserer Formel erhaltenen Werthe der Intensität G dividiren durch diesen Werth von n; aber in diesem Falle würde die Maximum-Intensität G nicht mehr durch die Einheit ausgedrückt seyn.

von z entsprechen, und berichtigte hierauf diese Werthe, so dafs sie genau der Gleichung (6) genügten; so fand ich:

Werthe von	*B.*	*C.*	*D.*	zwisch. *D* u. *E.*	*E.*	*F.*	*G.*	*H.*
z	2,290	1,745	0,604	0,000	0,468	1,183	2,120	2,753
Γ	0,0208	0,0607	0,5615	1,000	0,6931	0,2772	0,0274	0,0122

Aus diesen Werthen von Γ, aus dem von n, und aus den schon berechneten Werthen von $\frac{dx}{d\lambda}$ habe ich darauf mittelst der Formel (4) hergeleitet:

Werthe von	*B.*	*C.*	*D.*	zwisch. *D* u. *E.*	*E.*	*F.*	*G.*	*H.*
G	0,038	0,096	0,635	1,000	0,548	0,168	0,011	0,0037

Diese Werthe der Lichtstärke des prismatischen Spectrums, hervorgehend aus den durch die Formeln (1) und (6) ausgedrückten Gesetzen, liegen alle zwischen den von der Beobachtung gegebenen, die in No. 4 angeführt sind, und sie zeigen uns daher, dafs die angenommene Formel im Stande ist, die Erscheinungen darzustellen. In der That zeigen die Gränzen, zwischen welchen die Data der angeführten Beobachtungen schwanken, wie schwer die Bestimmung dieser Daten ist, und welche Ungewifsheit daher noch hinsichtlich ihrer Werthe verbleibt. Hierdurch macht sich immer mehr die Nothwendigkeit fühlbar, dafs die Physiker photometrische Mittel entdecken, die einer gröfseren Genauigkeit fähig sind. In Ermanglung gewisserer Data halten wir es für überflüssig zu versuchen, ob sich durch eine Abänderung der Formel, oder vielmehr ihrer Coëfficienten, eine gröfsere Annäherung der berechneten Resultate an die beobachteten erreichen lasse.

§. IV. Betrachtungen.

9. Die Werthe von z und Γ in den Formeln (7) und (8) sind in der Weise ausgedrückt, dafs die Lichtstärke in der Mitte des normalen Spectrums ein Maximum sey,

wenn Γ gleich ist dem Radius oder der Einheit, und die Abscissen proportional in Theilen des halben Kreisumfangs π wachsen. Nimmt man $\lambda = \lambda_\mu \mp \frac{1}{3}\lambda_\mu$, so hat man aus der Formel (7):

$$x_{-1} = -\pi \qquad x_1 = \pi,$$

wonach, da $\lambda_\mu = 553{,}5$ die Abscissen, welche auf der einen und anderen Seite der Maximum-Ordinate dem halben Kreisumfang gleichkommen, der Wellenlänge $553{,}5 \mp 184{,}5$, d. h.

$$\lambda_{-1} = 369 \quad ; \quad \lambda_1 = 738$$

entsprechen. Diese beiden Werthe nähern sich hinreichend denjenigen Wellenlängen, bei welchen das Licht aufhört sichtbar zu seyn. Die diesen Wellenlängen entsprechenden Lichtstärken in den Punkten des normalen Spectrums würden kaum 0,006 der Maximumstärke erreichen, und diese Punkte würden von den ungewissen Gränzen, die in der Fraunhofer'schen Figur angegeben sind, kaum um $\frac{1}{10}$ der gesammten Länge des Spectrums abstehen. Erwägt man, dafs die Beobachtungen jenes geschickten Optikers mit grofser Sorgfalt angestellt sind, um noch mit dem Auge eine jede Spur von Licht wahrzunehmen, so kann man sagen, dafs für gewöhnlich die deutliche Sichtbarkeit des Lichts erzeugt wird von Wellen, deren Länge sich von 369 bis zu 738 Milliontеln eines Millimeters erstreckt, oder vielmehr von Wellen, deren Länge von 1 bis 2 geht, und dafs diejenigen die lebhafteste Empfindung zu erzeugen vermögen, deren Länge 553,5 Milliontel des Millimeters oder das Anderthalbfache der kleinsten Wellenlänge beträgt.

10. Schliefslich will ich, nach Art von Newton, die Werthe der den Hauptstreifen entsprechenden Wellenlängen, mit denen der Töne der diatonischen Scale zusammenstellen.

c	d^b	$d.$	$e.$	$f.$	$f^b.$	$g.$	$a.$	$h.$	$c.$
1	$\frac{27}{25}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{25}{18}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
$\frac{1}{738}$	$\frac{1}{683}$	$\frac{1}{656}$	$\frac{1}{590}$	$\frac{1}{553{,}5}$	$\frac{1}{531}$	$\frac{1}{492}$	$\frac{1}{443}$	$\frac{1}{393{,}6}$	$\frac{1}{369}$
A.	*B*	*C.*	*D.*	μ.	*E.*	*F.*	*G.*	*H.*	*I.*
738	688	656	589	553,5	526	484	429	393	369

Die beiden ersten Zahlenreihen bezeichnen die relativen Werthe der Töne, dabei das tiefere $\underline{c}$ durch die Einheit oder durch den Bruch $\frac{1}{738}$ ausgedrückt, so dafs die Nenner der zweiten Reihe die Saitenlängen, welche die respectiven Töne hervorbringen, vorstellen würden. Die dritte Zahlenreihe enthält die Werthe der den darüberstehenden Hauptstrichen entsprechenden Wellenlängen, ausgedrückt in Millionteln des Millimeters. Aus dem Vergleiche ersieht man, dafs die Wellenlängen an den Streifen *C, D, H* den Saitenlängen der Töne *d, e, h* wohl entsprechen, im Uebrigen aber nur eine Annäherung stattfindet. Diese Coïncidenz der dunklen Hauptstriche, sobald die Verhältnisse durch die geraden Nenner 4 und 8 ausgedrückt, und die Zähler ungerade sind, scheinen der Voraussetzung günstig, dafs die dunklen Striche durch Interferenz entstehen, und daher ist es bemerkenswerth, dafs dem *g* nur angenähert der Strich *F* entspricht, dessen Wellenlänge um $\frac{1}{60}$ kleiner ist als die Saitenlänge des entsprechenden Tons. Es ist indefs diese leere Speculation aufgegeben, bis wir zahlreichere und genauere experimentelle Data besitzen.

Zusatz. Ueber die Newton'sche Theorie des Spectrums.

Nimmt man die Länge von Newton's prismatischem Spectrum, Fig. 11, Taf. III. zur Einheit, und legt den Anfang der Coordinaten in den äufseren Punkt *O*, in den Abstand eins von der rothen Gränze, so sind die Abscissen *X* der Gränzen, an welchen die verschiedenen Farben aufhören, gegeben durch folgende Zahlen:

$$\begin{array}{cccccccc} X_o, & X_r, & X_a, & X_g, & X_v, & X_t, & X_i, & X_u \\ 1 & \frac{9}{8} & \frac{6}{5} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & \frac{16}{9} & 2. \end{array}$$

Die Buchstaben *r, a, g* u. s. w. bezeichnen respective die Farben roth, orange, gelb, u. s. w.

Umgekehrt hat man:

$$\begin{array}{cccccccc} \frac{1}{X_o}, & \frac{1}{X_r}, & \frac{1}{X_a}, & \frac{1}{X_g}, & \frac{1}{X_v}, & \frac{1}{X_t}, & \frac{1}{X_i}, & \frac{1}{X_u} \\ 1, & \frac{8}{9}, & \frac{5}{6}, & \frac{3}{4}, & \frac{2}{3}, & \frac{3}{5}, & \frac{9}{16}, & \frac{1}{2}. \end{array}$$

Die

Die Längen λ der Accesse der diesen Gränzen entsprechenden Farben folgen, nach Newton, den Zahlenwerthen:

$$\begin{array}{cccccccc} \lambda_o, & \lambda_r, & \lambda_a, & \lambda_g, & \lambda_v, & \lambda_t, & \lambda_i, & \lambda_u \\ (1)^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{8}{9})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{5}{6})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{3}{4})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{2}{3})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{3}{5})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{9}{16})^{\frac{2}{3}}, & (\tfrac{1}{2})^{\frac{2}{3}} \end{array} \quad \ldots (2)$$

Die Ausdehnung der Farben auf dem Umfang des Farbenkreises sind, nach Newton, proportional den folgenden Differenzen:

$$\varphi r = 1 - \frac{X_o}{X_r}\,;\; \varphi a = 1 - \frac{X_r}{X_a}\,;\; \varphi g = 1 - \frac{X_a}{X_g}\,,\ \text{etc.}$$

wodurch man hat:

$$\begin{array}{ccccccc} \varphi r, & \varphi a, & \varphi g, & \varphi v, & \varphi t, & \varphi i, & \varphi u \\ \tfrac{1}{9}, & \tfrac{1}{16}, & \tfrac{1}{10}, & \tfrac{1}{9}, & \tfrac{1}{10}, & \tfrac{1}{16}, & \tfrac{1}{9} \end{array} \quad \ldots\ldots (3)$$

Theilt man den Kreisumfang im Verhältniſs dieser Zahlen, so würden die Längen der Bogen *or*, *ra*, etc.

or.	*ra.*	*ag.*	*gv.*	*vt.*	*ti.*	*iu.*
60° 45′ ;	34° 11′ ;	54° 41′ ;	60° 46′ ;	54° 41′ ;	34° 11′ ;	60° 45′.

Das durch diesen Kreis vorgestellte Spectrum, geradlinig ausgebreitet, wie Fig. 12, Taf. III, würde Newton's normales Spectrum seyn. Dieses Spectrum hätte seyn Centrum in der Mitte das Grün, die Farben würden nach beiden Seiten hin symmetrisch vertheilt seyn, und die Accessen-Längen der Strahlen, die zweien gleichweit von der Mitte des Spectrums entfernten Farben entsprechen, würden ziemlich angenähert der zuerst von Blanc bemerkten Bedingung genügen, daſs ihr Product constant und gleich $(\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}}$ wäre; dieſs führt zur Gleichung:

$$\lambda_\phi = 511{,}6\ (\tfrac{1}{2})^{-\frac{1}{3}\frac{\phi}{\pi}},$$

welche die Accessen-Länge λ_ϕ, entsprechend dem von der Mitte aus gezählten und gegen das rothe Ende hin positiv genommenen Bogen φ, in Millionteln des Millimeters angiebt.

Die drei Reihen (1), (2), (3), welche wir hier vereinigt haben, umfassen unter einem einzigen Gesichtspunkt die einfachen Relationen, durch welche Newton die verschiedenen Elemente des Spectrums sinnreich zu erkennen versucht hat.

III. *Christ. Doppler's neueste Leistungen auf dem Gebiete der physikalischen Apparatenlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie; dargestellt von Dr. B. Bolzano.*

Seit ich die in Bd. 60, S. 83 bis 85 dieser Annalen aufgenommenen »*Bemerkungen über die neue Theorie Professor* Doppler's, *in der Schrift: über das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w.*,« eingesandt habe, sind von demselben Gelehrten bis jetzt nicht weniger als *zwölf Abhandlungen* [1]) an's Licht gestellt worden, deren jede manche neue, und einer ferneren Beachtung und Untersuchung werthe Gedanken darbietet. Da zu besorgen steht, dafs diese Abhandlungen nicht Allen, für die ihr Inhalt wichtig seyn mufs, zu Gesichte kommen, um so weniger, weil mehre derselben aus ihrem Titel eben nicht errathen lassen, was für verschiedenartige Gegenstände sie besprechen: so habe ich mich, aus blofser Liebe zu einer Wissenschaft, deren Fortschritte seit einem halben Jahrhunderte bereits nie für mich gleichgültig gewesen sind, der kleinen Mühe unterzogen, hier eine kurze Uebersicht dieser Gedanken zu liefern. Ich habe mich hiebei nicht an die Ordnung, in der die Gegenstände in den Abhandlungen selbst vorkommen, sondern an ihren inneren Zusammenhang gehalten, und sie daher

1) Ich übergehe bei dieser Zählung absichtlich Doppler's im J. 1845 erschienene Abhandlung: „*Ueber die bisherigen Versuche des Aberrationsphänomens*," (die wie die übrigen, bis auf eine einzige unten anzuführende Ausnahme, aus den Abh. d. K. Gesellschaft d. Wissensch. in Prag besonders abgedruckt, und in Commission bei Borrosch und Andrä zu haben ist), weil hier doch eigentlich keine neue Lehre aufgestellt, sondern nur die Unhaltbarkeit der bisherigen Erklärungen jenes Phänomens gezeigt wird. Auch auf den Inhalt der in diesen Annalen selbst schon, Bd. 68, S. 1 bis 35, aufgenommenen Abhandlung Doppler's: „*Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne* u. s. w." werde ich hier keine Rücksicht nehmen, weil ich voraussetzen darf, dafs sie den Lesern schon bekannt sey.

blofs nach den Wissenschaften, in welche sie zunächst gehören, abgetheilt; was mir für den Zweck dieser Blätter jedenfalls geeigneter schien.

I. Zur physikalischen Apparatenlehre.

Apparate, deren Gebrauch sich nicht blofs auf eine einzige Kunst oder Wissenschaft beschränkt, gehören eben deshalb nicht dieser einzigen an, und werden somit entweder in der Wissenschaft, auf deren Lehrsätzen ihre Einrichtung vornehmlich beruht, oder noch zweckmäfsiger in einer eigenen Wissenschaft, der wir den Namen der *physikalischen Apparatenlehre* geben, beschrieben. Zu den Maschinen, die Doppler bereits in früheren Jahren ersonnen [1]), kommen in den uns jetzt vorliegenden Abhandlungen nachstehende Apparate und Operationsmethoden hinzu.

1) Das von ihm sogenannte optische *Diastamometer* (optischer Fernmesser) [2]), eine Art Fernrohr, mit dem man die Entfernung jedes nicht allzufernen terrestrischen Gegenstandes durch blofses Anvisiren mit einer für die meisten Zwecke mehr als zulänglichen Genauigkeit erfährt; ein Werkzeug, das alle bisherigen Distanzmesser an Brauchbarkeit und an Bequemlichkeit entschieden übertrifft, und für die verschiedenen Zweige der practischen Feldmefskunst, der Kriegswissenschaft, der Seefahrtskunde und m. a. Künste und Lebenszwecke wichtige Dienste verspricht. Die Einrichtung beruht auf dem bekannten Umstande, dafs die von dem Objectivglase eines Fernrohrs erzeugten Bilder um desto näher an dessen Brennpunkt heranrücken, je mehr die Gegenstände sich entfernen; daher das Ocularglas dem Objectiv näher gerückt werden mufs, um den Gegenstand deutlich zu sehen, und eben aus dieser nöthig gewordenen

1) Hieher gehören besonders sein *Cyklograph* zur Verzeichnung von Kreisbögen mit sehr grofsem Halbmesser, und sein Instrument zur Verzeichnung der *Cartesischen Curven.*

2) Siehe die erste der „*zwei Abhandlnngen aus dem Gebiete der Optik.*" Prag 1845.

Verschiebung ein Schlufs auf die Entfernung des Gegenstandes selbst gemacht werden kann. Die grofse Schwierigkeit, wie diefs mit einiger Genauigkeit geschehen kann, wenn, wie bei Entfernungen, die vielfach gröfser sind, als die Focalweite des Objectivglases, die Bilder kaum um ein Merkliches noch auseinanderrücken, sucht Doppler durch die höchst sinnreiche Einrichtung zu beseitigen, dafs er statt jedes der beiden einfachen Gläser, des Objectivs sowohl als des Oculars, eine Verbindung zweier Linsen setzt, deren eine convex, die andere concav ist, und zwar in solcher Weise, dafs die Zerstreuungsgläser *B* und *C*, Fig. 8, Taf. I, bedeutend stärker als die Sammellinsen *A* und *B* sind; daher sich das Bild, das *A* allein in *p* erzeugt hätte, durch *B* nach *o* versetzt findet; zu welcher Stelle hin die für ein gegebenes Auge unverrückt bleibende Verbindung der Gläser *C* und *D* in der Ocularröhre so nahe geschoben wird, bis man den Gegenstand ganz deutlich sieht; worauf dann eine am äufseren Theile des Apparats längs *op* angebrachte Scale die Entfernung des Gegenstandes angiebt. Man begreift bald, wie ein so eingerichtetes Fernrohr bei sehr mäfsiger Länge dasselbe leisten könne, was eines aus zwei Convexlinsen bei einer ungemein grofsen Länge noch kaum geleistet hätte. Weil übrigens, wie sich die Bilder entfernterer Objecte hinter einem convexen Glase zusammendrängen, so umgekehrt die Bilder sehr nahe (innerhalb der Brennweite) liegender Gegenstände weiter als diese selbst auseinandertreten: so übersah es Doppler auch nicht, dafs dieser Umstand benutzt werden könne, um kleine und in die Tiefe gehende Abstände zu messen; wie diefs z. B. zu der Bestimmung der Tieflage einzelner Organe bei Infusorien oder vegetabilischer Gebilde, zur Messung der Unebenheiten rauher Körper und in so manchem anderen Falle, erwünscht werden kann. Indessen begnügt er sich hier nur mit der Andeutung dieses Gedankens, wie er denn überhaupt am Schlusse geschickte Optiker auffordert, seine diefsfälligen Ideen erst durch Versuche vollständiger zu erproben.

2) *Ein Mittel, periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen*[1]).

Betrachten wir einen in periodisch wiederkehrender Bewegung begriffenen Gegenstand durch eine mit einer Oeffnung versehene Scheibe, die sich in gleicher Zeit herumdreht: so ist klar, dafs unser Auge den Gegenstand immer nur in derselben Phase seiner Bewegung und an derselben Stelle erblickt. Erfolgen nun diese congruirenden Eindrücke auf das Auge innerhalb einer Zeit, die kürzer ist als die bekannte Nachwirkung eines Lichteindrucks währt, d. h. ist jene Umdrehungszeit kürzer als 0,35 Sec.: so erscheint uns der Gegenstand ganz, als ob er ruhte, in seiner eigenthümlichen Gestalt und Farbe. Das ist auch noch der Fall, wenn sich die Scheibe langsamer als das Object bewegt, doch so, dafs ihre Umlaufszeit genau ein Vielfaches von jener des Objects, und jedenfalls auch noch kürzer als 0,35 Sec. ist. Dieser Umstand nun erschliefst uns die Möglichkeit, Bewegungen von jeder auch noch so grofsen Geschwindigkeit der sinnlichen Wahrnehmung und Berechnung zugängig zu machen, sofern nur auch die Bewegung der Scheibe gehörig regulirt und ihre Geschwindigkeit gemessen werden kann. Zu diesem Zwecke räth der Verf., eine mit einer oder auch mehreren gleich weit abstehenden Oeffnungen versehene Scheibe an das gezähnte Drehrad der *Sirene von* Cagniard de la Tour zu befestigen, und diese durch Zuführung von Luft in eine allmälig zunehmende Bewegung zu versetzen, während man durch die vor dem Auge vorübereilenden Oeffnungen nach dem bewegten Objecte sieht. Der Umstand, dafs wir uns schon durch die sich immer gleich bleibende Tonhöhe von der gleichförmigen Bewegung der Scheibe versichern, die Anzahl ihrer Umdrehungen aber durch den angebrachten Zählapparat ermitteln können, läfst erwarten, dafs wir die periodische Bewegung des Objects mit einem hohen Grade von Verläfslichkeit werden bestimmen können. In vielen Fällen wird

1) Siehe die *zweite der nur erwähnten „Abhandlungen a. d. Gebiete der Optik*. (Das Mittel ist übrigens nicht neu, unter Anderen schon von Savart angewandt worden. *P.*)

es auch dienlicher seyn, statt die Wahrnehmung des Objects periodisch zu unterbrechen, die Quelle der Beleuchtung selbst in eine periodisch intermittirende zu verwandeln; wozu nur nöthig ist, die rotirende Scheibe unmittelbar vor der Lichtquelle anzubringen, und dafür zu sorgen, dafs dem Objecte nur durch die Oeffnung der Scheibe Licht zukomme.

3) Manchen gewifs sehr dankenswerthen *Beitrag zur Kunst des Schleifens* im Allgemeinen, und insbesondere *der Gläser und Metallspiegel* liefert uns Doppler[1]), indem er nachweist:

a) dafs es in allen denjenigen Fällen, wo es sich darum handelt, eine möglichst glatte (spiegelnde) Oberfläche zu erzeugen, zweckmäfsig sey, den sogenannten *Schleifer* nie *so stark* anzudrücken und nie so schnell fortzuführen, dafs die Theilchen des Schleifmittels (z. B. des Schmergels) in den zu schleifenden Körper sich gleichsam einhaken und auf denselben somit als eine Art von Feile einwirken; sondern vielmehr dahin zu sehen, dafs diese Theilchen immer in einer *rollenden* Bewegung fortgleiten.

b) Es wird mit Berufung auf hierüber angestellte eigene sowohl als fremde Erfahrungen bewiesen, dafs es ein Vorurtheil sey, man könne bei einer blofs rotirenden Bewegung des Schleifers *keine vollkommene Glätte* erreichen, weil sich stets Streifen oder Ringe, oder ein sogenannter Strich erzeuge. Doch wird empfohlen,

c) so oft es thunlich ist, für den Schleifer ein gleiches Material, z. B. Glas bei Gläsern zu mahlen; ingleichen

d) denselben von Zeit zu Zeit in die Höhe zu heben, dafs neue Schleiftheilchen unter ihn kommen. Es wird ferner

e) erwiesen, dafs es in allen Fällen, wo keine ebene oder sphärische Oberfläche erzeugt werden soll (also

1) In der reichhaltigen Abhandlung: „*Ueber eine wesentliche Verbesserung des katoptrischen Mikroskops*; mit sechs lithographirten Tafeln. Prag 1845."

z. B. bei *Ellipsoiden*) nöthig sey, sich eines Schleifers zu bedienen, der dem zu schleifenden Körper nur eine Art von *Spitze* darbietet;

f) dafs man diesen Schleifer nie in der Richtung der Normale, sondern in *schiefer Richtung* auf die zu bildende Fläche müsse einwirken lassen; so zwar, dafs

g) jede Stelle der Fläche, die eine andere Krümmung hat, auch von einer anderen Stelle des Schleifers berührt wird.

4) Sind die so eben in Aussicht gestellten Fortschritte in der Kunst des Schleifens errungen, so wird auch eine bis nunmehr unerreichbare Vervollkommnung unserer *katoptrischen* sowohl als *dioptrischen Sehwerkzeuge* ermöglicht. Es kann nämlich nicht ferner gezweifelt werden an der Möglichkeit, Spiegel sowohl als Gläser von jeder beliebigen Krümmung ihrer Oberflächen zu liefern. Doppler begnügt sich, ein Paar zu diesem Zwecke geeignete Maschinen zu beschreiben, am genauesten Eine zur Schleifung *elliptischer Spiegel*, gleichviel *nach welchem* aus einer Ellipse entnommenen *Bogenstücke* sie gekrümmt seyn sollen. Ein Umstand von grofser Wichtigkeit, weil — wie gezeigt wird — keineswegs der um den Scheitel des Ellipsoïds, sondern ein nach der beabsichtigten Vergröfserung verschieden gelegener Theil zwischen den beiden Axen die tauglichste Krümmung für einen *katoptrischen Spiegel* darbietet.

5) In Beziehung auf Spiegel empfiehlt uns der Verf. [1]) auch noch ein eigenes Gemisch aus *Silber und Zink*, welches nach seinen hierüber angestellten Versuchen den höchsten Grad der Politur annimmt; und räth auch, sie möglichst dünn und in eisernen Formen von bedeutender Masse zu giefsen, damit die *Abkühlung* möglichst beschleunigt werde.

6) Das von der Form dieser Spiegel No. 4 Gesagte gilt übrigens in seinem ganzen Umfange erst, wenn die von Doppler hier zuerst vorgeschlagene *Construction* der katoptrischen Sehwerkzeuge befolgt wird, bestehend darin,

1) In Hefsler's Zeitschrift. Mittheilungen v. J. 1844. S. 389.

dafs man statt zweier, nur einen einzigen Spiegel gebraucht, den man so stellt, dafs der vom Gegenstande kommende Strahl schief, ungefähr unter einem Winkel von 45° einfällt, und der reflectirte mit ihm sonach einen *rechten Winkel* bildet. Durch diese bei Fernröhren eben so wie bei Mikroskopen anwendbare Einrichtung werden, selbst wenn die sphärische Gestalt noch immer beibehalten wird, folgende Vorheile erreicht:

α) die erzeugten Bilder besitzen wegen der nur einmaligen Reflexion eine bedeutend gröfsere Lichtstärke; und haben

β) besonders in der Mitte des Gesichtsfeldes nicht jene Dunkelheit, worüber man bei den bisherigen katoptrischen Werkzeugen klagt;

γ) sind von den Schwierigkeiten und Fehlern befreit, die eine genaue Zusammenstellung der beiden Spiegel verursacht;

δ) da alle Strahlen hier schief auffallen, so werden sie (wie bekannt) nicht nur *vollständiger*, sondern auch *regelmäfsiger* zurückgeworfen, da ja selbst Flächen, die bei senkrecht auffallenden Strahlen gar keine Spiegelung zeigen, spiegeln, sobald sie schief gehalten werden.

Bei der *elliptischen* Form erhalten überdiefs

ε) die durch das Ocular angesehenen Bilder einen viel höheren Grad von Vollkommenheit, da sie von den Fehlern der Kugelabweichung frei sind.

ζ) Die *Mikroskope* aber werden wegen der gröfseren Entfernung des Objecttisches vom Tubus eine noch viel bequemere Beleuchtung als selbst jene von Amici verstatten.

η) *Spiegelfernröhre* endlich, nach diesem Princip erbaut, müssen an Lichtstärke sowohl als an Präcision des Bildes die Teleskope Newton's, Gregory's und Cassegrain's weit übertreffen; und es ist in der That zu bewundern, dafs man es auch bei Anwendung des Paraboloïds zu Brenn- oder Beleuchtungsspiegeln

bisher noch unterliefs, eine andere als die Scheitelparthie zu benutzen.

7) Nachdem der Verfasser die Gründe angegeben, warum er beim *Fernrohre* eine beträchtlich höhere Vervollkommnung, namentlich eine bedeutend stärkere Vergröfserung des Bildes, als eben jetzt schon durch Herschel's und Rofs's *Riesenteleskope* geleistet worden ist, kaum mehr für möglich erachte, beklagt er, wie uns däucht, sehr mit Recht, dafs hinsichtlich auf das *Mikroskop* (von dessen Vervollkommnung sich doch die Naturkunde, die Heilkunst und mehrere andere Wissenschaften die wichtigsten Dienste versprechen können), nicht einmal dasjenige geleistet worden sey, was man füglich schon auf dem bisherigen Standpunkte der Wissenschaft zu leisten vermocht hätte. Er spricht nun den sehr billigen Wunsch aus, dafs man, nachdem wir bereits so viele mit Königlicher Munificenz errichtete und mit den kostbarsten Instrumenten ausgerüstete Tempel Uraniens haben, endlich auch ein mikroskopisches Observatorium mit einem *Riesenmikroskope* erbauen möge. Nach seinem Vorschlage wäre hiezu nichts weiteres erforderlich als ein einstöckiges Gebäude von etwa 40° Länge, und nöthigenfalls selbst nur 5° Breite; in dessen erstem gegen Süden gelegenen ebenerdigen Zimmer sich der Objectivtisch befände, versehen mit allen möglichen Beleuchtungsapparaten für durchscheinende sowohl als dunkle Gegenstände (bei welcher Gelegenheit der Verf. erinnert, dafs er ein Mittel kenne, das Sonnenlicht mit Absonderung fast all seiner Wärmestrahlen zu concentriren). In dem unmittelbar über diesem befindlichen Zimmer des ersten Stokkes wäre der einzige unter einem Winkel von 45° schief gestellte Spiegel, der etwa 20 Mal vergröfsern würde, wenn er eine Brennweite von 2° hätte, wobei er etwa 2' lang und 14'' breit seyn könnte. Das Licht von den Objecten fiele durch ein hinreichend grofses Loch in dem Fufsboden auf diesen Spiegel, und würde in einer nahezu horizontalen Richtung in den anstofsenden finsteren Gang geworfen, an dessen Ende es durch einen Oculareinsatz von etwa

1000facher Vergröfserung aufgefangen, dem Auge den Gegenstand in einer 20000fachen linearen Vergröfserung darstellen würde. Ein solches Riesenmikroskop würde nun nebst den schon No. 6 erwähnten noch folgende Vortheile gewähren:

α) Den zu betrachtenden Objecten könnte jeder nur immer beliebige Grad der Beleuchtung durch Sonnen- oder Hydrooxygengas-Licht ertheilt werden.

β) Darum, und wegen ihrer im Vergleiche zur Entfernung vom Spiegel aufserordentlichen Kleinheit, würden sie ein sehr helles und vollkommen scharf begränztes physisches Bild dem Ocular darbieten.

γ) Auch wäre das Gesichtsfeld hier ein viel weiteres, und es würden somit kleine sich bewegende Körper, wie Infusorien, sich nicht gleich wieder der Beobachtung entziehen; ja es könnten selbst gröfsere Körper, z. B. Glieder des menschlichen Leibes, in ihren organischen Veränderungen mikroskopisch beobachtet werden, woraus sich vielleicht gar manche Aufschlüsse über die Natur gewisser Krankheiten, und Mittel zu ihrer Diagnose sowohl als Heilung ergeben würden u. s. w.

8) *Ein Apparat, um jede noch so geringe Abweichung eines Lichtstrahls von seiner Bahn auf das Genaueste zu messen.* [1]) Die Sache beruht auf dem sehr einfachen Gedanken, dafs ein Lichtstrahl QT (Fig. 9, Taf. I), der auf eine spiegelnde Cylinderfläche so auffällt, dafs er sie in T entweder genau oder doch nahezu berührt, durch die geringste Ablenkung in seiner Richtung QM von derselben Fläche dergestalt reflectirt wird, dafs seine neue Richtung Mm mit der ersten einen vielfältig gröfseren Winkel $moT = \omega$ bildet, als der ursprüngliche Ablenkungswinkel $TQM = \varrho$ war. Ist nämlich die Entfernung $QT = a$, der Halbmesser $CT = r$, so findet sich, ϱ und ω in Secunden ausgedrückt:

1) In der letzten der *„drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Wellenlehre* u. s. w. Prag 1846."

$$\omega = 648000 - [2. arc. \sin (\cos. \varrho - \frac{a}{r} \sin \varrho) + \varrho]$$

und wenn man $\cos \varrho$ vernachlässigen kann:

$$\omega = 2 arc. \cos \left(1 - 0{,}0000048481 \frac{a\varrho}{r}\right) - 1.$$

Also z. B. wenn $a = 50''$, $r = 0'',5$ und der Winkel ϱ nur 0,001 Sec. beträgt, so ist $\omega = 1294$ Sec., d. h. 129400 Mal so grofs als ϱ. Und wenn dieser Strahl von da auf einen zweiten spiegelnden Cylinder von derselben Gröfse fiele, wo aber a nur $= 12''$ wäre, so erhielte man einen Ablenkungswinkel, der ϱ schon mehr als 22 Millionen Mal überträfe. Doppler wählt nun zu seinem Mefsapparat in der That zwei Cylinder A und B (Fig. 10, Taf. I) von 1 Zoll Durchmesser, beide in Nuthen beweglich, deren die eine $a\alpha$ auf den Strahl QT, dessen Ablenkung gemessen werden soll, nahezu senkrecht, die andere $b\beta$ nahezu ihm gleichlaufend ist. Erst stellt man A so weit zurück, dafs es vom Strahle noch nicht berührt wird, zieht den Cylinder B in seiner Nuthe gegen β zurück, und giebt der Diopter O eine solche Lage, dafs der von B irgendwo in G reflectirte Strahl GH durch sie gesehen wird; worauf man den Cylinder A mittelst einer Stell- und Mikrometerschraube dem Strahle QT wieder so sehr nähert, als es nur möglich ist, ohne eine Ablenkung desselben zu bewirken. In dieser Stellung nun läfst man beide Cylinder, bis jene den Strahl QT aus seiner Lage verrückende Ursache eingewirkt, und ihn aus QT in QM versetzt hat. So klein auch der Winkel TQM seyn mag, wird doch der Winkel QRL grofs genug seyn, um ihn zu messen, und rückwärts aus ihm den ersteren zu berechnen.

9) Endlich beschreibt Doppler [1]) ein *Photometer oder einen Apparat zur Messung der Lichtintensitäten*, von dem er in der Folge einen höchst wichtigen Gebrauch macht. Diefs Instrument besteht aus einer matt schwarzen Platte aus Blech oder sonstigem Material ab (Fig. 11) von etwa 8 bis 12" Länge und etwa 8" Breite mit einer Querwand

1) In den *„Beiträgen zur Fixsternkunde.* Prag 1846. S. 5 u. ff."

bei *b*, deren veränderliche Breite *cd* so verkürzt werden kann, bis der Beobachter, der das mit einer Handhabe bei *h* nach unten zu, und bei *a* durch eine sattelähnliche Vertiefung zur Aufnahme des Gesichtsvorsprungs versehene Instrument vor sich nimmt, einen entfernten Gegenstand mit beiden Augen zu sehen beginnt, und demnach mit jedem einzeln nur die Hälfte des ganzen Gesichtsfeldes übersieht. In *o* und *o'* sind Dioptern mit veränderlichen, doch genau meſsbaren Aperturen angebracht. Zu diesem Zwecke schlägt Doppler vor, diese Oeffnungen nicht kreisrund, sondern rechteckig einzurichten, etwa indem man zwei über einander liegende feine Doppelplättchen so anbringt, daſs sie sich mittelst Mikrometerschrauben nähern und entfernen lassen, und eine bequeme Ablesung der Seiten des Rechtecks gestatten. Bei Gegenständen, die mit freien Augen gar nicht mehr sichtbar sind, wird man statt bloſser Dioptern zwei möglichst gleiche Fernröhre anzubringen haben.

Dieſs Werkzeug nun dient zur Messung der Lichtintensitäten zweier Objecte, deren das Eine durch das Eine, das andere gleichzeitig durch das andere Auge gesehen werden kann, wenn man die Aperturen so lange ändert, bis beide Objecte einen ganz gleichen Eindruck auf das Auge machen, wo dann begreiflich aus der Verschiedenheit der dazu nöthigen Aperturen auf die verschiedene Intensität des Lichts der Objecte geschlossen werden kann. Wie man sich zu helfen habe, wenn die Empfindlichkeit der Augen für das Licht ungleich ist, muſs man bei dem Verf. selbst nachlesen.[1])

1) Nebst den hier aufgezählten hat Doppler's fruchtbares Talent noch mehrere andere Maschinen und Apparate erdacht, die theils schon in der Wirklichkeit ausgeführt, ihre Brauchbarkeit erprobten, theils in Modellen oder nur in Beschreibungen dem Gutachten der Prager K. Gesellschaft der Wissensch. vorgelegt wurden, ohne dem gröſseren Publico bisher noch bekannt geworden zu seyn. Ich will nur einige hievon nennen. Ein *Gesichtswinkelmesser* (Ommato-gonio-meter) miſst mit der gröſsten Schnelligkeit den Gesichtswinkel, unter welchem sich ein Paar Objecte unserem Auge dargeboten haben; eine *Kniehebel- und eine Hebladen-Presse* von eigenthümlichen Baue; davon die erste be-

II. Zur Akustik, Optik und allgemeinen Wellenlehre.

1) Die sehr einleuchtende Wahrheit der allgemeinen Wellenlehre, auf welche Doppler zuerst aufmerksam machte [1]), dafs nämlich die Einwirkung, die ein in Wellenbewegung begriffenes Mittel, auf einen diese Wellen auffangenden Gegenstand ausübt, eine Veränderung erfahren müsse, wenn dieser Gegenstand selbst, oder das Mittel oder das die Wellen erregende Object ihre gegenseitige Stellung mit einer Geschwindigkeit ändern, die nicht ganz unbeträchtlich ist im Vergleiche zu dem bei dieser Wellenbewegung stattfindenden Geschwindigkeiten, — ist zu viel umfassend und zu fruchtbar in ihren Anwendungen, als dafs sie durch das Wenige, was Doppler darüber in jener Abhandlung, oder in seinen Bemerkungen dazu [2]) gesagt, hätte erschöpft werden können. Wieder nur einige besondere Fälle also jetzt zunächst in Beziehung auf den *Schall*, betrachtet Doppler unter der Ueberschrift: *Methode, die Geschwindigkeit, mit der die Luftmolekel beim Schalle schwingen, zu bestimmen.* [3]) Eine Locomotive Q fährt auf geradliniger Bahn von B über A gegen C (Fig. 12, Taf. I). An dem Orte A, wo die Maschine bereits eine gleichförmige Geschwindigkeit $=a$ erreicht hat, steht ein Beobachter, der aufmerkt, an welcher Stelle Q der Ton eines mit der Maschine selbst forteilenden Toninstruments einen ganz gleichen Eindruck auf sein Ohr macht, wie der Ton eines in A aufgestellten, das jenem ganz gleich tönt.

reits im Grofsen ausgeführt in einer Fabrik den gehegten Erwartungen bestens entspricht; ein Instrument zur Construction der *Eisenbahncurven;* ein Mikroskop, bei welchem der Gegenstand, so nahe er auch der stärkeren Vergröfserung wegen an das Objectivglas herangerückt werde, dennoch *von oben herab* so intensiv, als man nur immer wünscht, beleuchtet werden kann; u. a.

1) In der Abhandlung: „*Ueber das farbige Licht* u. s. w.“

2) In diesen Annalen, Bd. LXVIII, S. 1 bis 35.

3) In der ersten v. d. „*drei Abh. a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“

Bezeichnen wir durch V die Geschwindigkeit, welche die durch das Instrument in Schwingung versetzten Lufttheilchen in der zur Einheit angenommenen Entfernung von demselben im Punkte ihrer ursprünglichen Ruhelage (wo jene Geschwindigkeit am gröfsten ist) erreichen, und die Entfernung BA durch L, so ist die Intensität des Schalles, den das in B ruhende Instrument in A haben mufs, $I = \mu \frac{V^2}{L^2}$ und die des Instruments in Q, wenn die Entfernung in $QA = l$, in eben diesem Orte A, $I' = \mu \frac{(V-a)^2}{L^2}$, wo μ einen constanten Factor bezeichnet. Wenn also I und I' einander gleich sind, findet sich $V = \frac{aL}{L-l}$.

Ich übergehe das Uebrige, zumal sich voraussetzen läfst, der Leser werde die Möglichkeit der Lösung auch der letzten Aufgabe in dieser Abhandlung von selbst schon begreifen: auf welche Weise nämlich ein Blinder, der nichts anderes, als die bald steigenden, bald niederfallenden Intensitäten eines in einer Ellipse mit gegebener Geschwindigkeit sich fortbewegenden Toninstruments beobachtet, die Elemente dieser Ellipse zu bestimmen vermöchte. Jedem fällt ein, auf welche ähnliche Aufgabe in der Astronomie diefs deute.

2) Eine andere, von Doppler zuerst zur Sprache gebrachte [1]) Wahrheit lautet, dafs jeder Wellenstrahl, der in ein *rotirendes Medium* einfällt, während der Zeit seiner Bewegung durch dasselbe, nebst der bei seinem Ein- und Austritte etwa stattfindenden *gewöhnlichen* Brechung noch eine eigene Ablenkung erleide, welche zunächst nur *in der Rotation des Mediums* begründet ist, und um so bedeutender wird,

a) je gröfser die Winkelgeschwindigkeit dieser Rotation,

1) In der Abhandlung: „*Ueber eine bei jeder Rotation des Fortpflanzungsmittels eintretende Ablenkung der Licht- und Schallstrahlen u. s. w.* Prag 1844.“

b) je länger der Weg, welchen der Strahl in dem Medio durchläuft, und

c) je geringer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles in diesem Medio ist.

Doppler nennt diese Ablenkung die *rotatorische*, und es ist offenbar, dafs der Ablenkungswinkel ϱ, wenn die Länge des Weges in dem Mittel in Meilen $=d$, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit darin gleichfalls in Meilen $=a$, und die Umdrehungszeit des Mediums in Secunden $=t$ ist:

$$\varrho=\frac{1296000}{t}\cdot\frac{d}{a}$$

sey.

3) Ist der in Rede stehende Wellenstrahl von einer so *zusammengesetzten* Natur, wie das Licht, d. h. besteht er aus Strahlen, die eine verschiedene *Fortpflanzungsgeschwindigkeit* haben, so begreift man leicht, [1]) dafs diese rotatorische Ablenkung auch eine *Zerstreuung* jener verschiedenartigen Strahlen zur Folge haben müsse. Es ist nämlich, wenn α und α' die beziehungsweisen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zweier sich durch dasselbe Mittel bewegenden Strahlen sind, der Unterschied ihrer Ablenkungswinkel oder die Dispersion $P=\frac{1296000}{t}\left(\frac{\alpha-\alpha'}{\alpha\alpha'}\right)d.$

Doppler bemerkt, dafs durch bloſse rotatorische Ablenkung zuweilen sogar eine Reflexion in sich selbst; in anderen Fällen eine Dispersion *nach allen Richtungen* hervorgebracht werden könne; dafs parallele Strahlen nach ihrem Austritte durch bloſse rotatorische Brechung divergent werden, dafs endlich selbst *Interferenzphänomene* zum Vorschein kommen können, u. m. A.

4) Besonders wichtig ist die Anwendung, die Doppler von diesen Lehren zu einer entscheidenden *Prüfung der neueren Undulationslehre* beibringt. Es seyen etliche, etwa fünf gläserne und eben so viele spiegelmetallene Cylinder von ungefähr 2″ Durchmesser so zusammengestellt, dafs ein homogener Lichtstrahl, den man in möglichst cen-

1) S. d. zweite der schon erwähnten „*drei Abhandlungen* u. s. w.“

traler Richtung auf den ersten gläsernen Cylinder leitet, bei ruhendem Mechanismus nach seinem Austritte möglichst tangentiell auf einem nicht allzu nahen fixen Metallcylinder auffällt, von welchem reflectirt, er den zweiten Glascylinder abermals möglichst diametral trifft u. s. w. Hinter dem letzten Spiegelcylinder befinde sich eine Diopter, die so fixirt wird, dafs bei unbewegtem Mechanismus das Auge den Lichtstrahl wahrnimmt. Setzt man hierauf die Glascylinder in Bewegung, so mufs, wenn diese auch noch lange nicht so schnell ist, als die zu einem ähnlichen Zwecke von Hrn. Dr. Ballot [1]) verlangte, der Strahl verschwinden, und eine andere Stellung für die Diopter aufgesucht werden. Aus dieser Ortsveränderung der Diopter läfst sich nun auf die bei dem Strahle stattgefundene rotatorische Brechung schliefsen. Und stellt man solche Versuche mit den verschiedenfarbigen Lichtstrahlen an, so mufs es sich zeigen, ob diesen eine ungleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit zukomme, wie es die neue Undulationslehre will, oder nicht.

5) Noch eine bisher unbeachtet gebliebene Veränderung in den Wellenstrahlen mufs nach Doppler's gewifs begründeter Bemerkung eintreten, unmittelbar an der Stelle, *wo zwei Fortpflanzungsmedien, selbst zwei ganz gleichartige, aneinandergränzen,* oder wo auch nur Ein solches Medium an *einen Körper mit reflectirender Oberfläche gränzt, so oft sich beide in einer relativen Bewegung* (von hinlänglicher Geschwindigkeit) *gegen einander befinden.* Diese Veränderung, wiefern sie (was der gewöhnlichste Fall seyn mufs) auch auf die Richtung des Strahles sich erstreckt, und bald in einer Brechung, bald in einer völligen Reflexion desselben besteht, nennt Doppler die *motorische Brechung* oder *Reflexion;* begnügt sich jedoch [2]) nur die einfachsten hier möglichen Fälle in Betracht zu ziehen, indem

1) In diesen Annalen, Bd. 66, S. 321.

2) In der letzten der „*drei Abhandlungen a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w."

dem er das Medium, aus dem der Wellenstrahl herkommt, als *ruhend*, und den angränzenden Körper, der entweder ein gleichartiges Medium oder ein reflectirender ist, in einer bloſs *geradlinigen* Bewegung annimmt. Hier nun glaubt er *beim Schalle*, wo es geständlich nur longitudinale Schwingungen giebt, mit aller Zuversicht behaupten zu dürfen, daſs ein Schallstrahl, der aus einer ruhenden Luftschicht an eine bewegte (sey es auch übrigens völlig gleichartige), in senkrechter Richtung anlangt, hier nicht in derselben, sondern in derjenigen Richtung fortschreiten werde, welche die aus seiner bisherigen Geschwindigkeit und der des neuen Mediums hervorgehende Resultante angiebt. Unter dieser Geschwindigkeit des Schallstrahles will er jedoch hier nicht seine *Fortpflanzungs*- sondern seine *Schwingungsgeschwindigkeit*, nämlich diejenige verstanden wissen, welche die Luftmolecule in ihren anfänglichen Ruhelagen haben. — Fällt aber der Schallstrahl auf eine *reflectirende* Oberfläche, so wird in ähnlicher Weise behauptet, daſs seine Reflexion nicht in sich selbst, sondern in derjenigen Richtung erfolgen werde, welche wir durch Zusammensetzung seiner entgegengesetzten Bewegung mit der des reflectirenden Körpers erhalten. Doppler trägt auf Versuche an, durch welche dieſs Alles auf einer Eisenbahn erprobt werden könne, und meint, daſs wir auf diese Art auch einen Aufschluſs auf die Molecularbewegung der Lufttheilchen, wohl gar auf ihren Abstand von einander, gewönnen. Aehnliche motorische Ablenkungen, meint er, müssen auch *bei dem Lichte* stattfinden; obgleich er das wegen der eigenthümlichen Ansicht, welche so manche Vertheidiger der Undulationstheorie über die *Lateralschwingungen* des Lichts aufgestellt haben, nicht mit gleicher Zuversicht zu behaupten wagt. Um aber hierüber zu einer Entscheidung, und dadurch auch zu klareren Begriffen über die Natur des Lichts zu gelangen, verweist er auf den Weg der Beobachtung; und es ist in der That kaum zu bezweifeln, daſs durch den I., 8) beschriebenen Apparat ein Mittel dargeboten sey,

das Vorhandenseyn einer motorischen Ablenkung beim Lichte, wäre sie auch noch so gering, wahrzunehmen [1]).

6) Wenn wir unter der *Optik*, wie es ihr Name sogar erheischt, nicht eine bloſse Lehre vom *Lichte*, sondern auch vom *Sehen* selbst verstehen, so gehört auch folgende Entdeckung Doppler's [2]) recht eigentlich zur *Optik*. Jeder Gegenstand, dessen auf die in unserem Auge befindliche Netzhaut entworfenes Bild so klein ausfällt, daſs es nur eine einzige ihrer Papillen einnimmt, wird eben deshalb von uns als etwas Einfaches, daran wir keine Mehrheit der Theile, und darum auch keine Umgränzung und Gestalt unterscheiden, wahrgenommen. Zu dieser Entdeckung (welche ganz analog mit einer anderen Beobachtung ist, nach der auch unser *Tastsinn* an eine ähnliche Gränze gewiesen ist; indem wir nur dann das Gefühl von zwei auf uns einwirkenden Gegenständen erlangen, wenn zwei verschiedene Papillen unserer Gefühlsnerven gleichzeitig angegriffen werden) gelangte Doppler durch eine sehr einfache Vergleichung. Es war ihm nämlich von der einen Seite bekannt, daſs man den *kleinsten Gesichtswinkel*, unter dem unser Auge ein Object nur noch als einen untheilbaren Punkt erblickt, auf ungefähr 40 Sec. schätze; und von der anderen Seite wuſste er, daſs der Durchmesser einer Ner-

1) In einer noch ungedruckten Abhandlung, die jedoch schon am 18. Juni 1846 in einer Sitzung der physikalisch-mathematischen Section der Prager Gesellschaft der Wissenschaften vorgelesen wurde, hat Doppler auch schon die Erfolge betrachtet, welche zum Vorschein kommen, wenn zwar die Quelle der Wellenbewegung und der Beobachter ruhen, aber das Fortpflanzungsmittel sich bewegt, oder auch das gerade Gegentheil statthat. Offenbar sind dieſs Voraussetzungen, welche nicht nur *beim Schalle* wenn er vom Winde fortgetragen wird, ingleichen bei den Wellenbewegungen des *Wassers* und anderen tropfbaren Flüssigkeiten gar oft vorkommen; sondern die auch beim *Lichte* im Weltraume, wenn einzelne Parthien des Aethers oft mit namhafter Geschwindigkeit sich fortbewegen, eintreten müssen. Die gefundenen Ergebnisse sind äuſserst merkwürdig, und erklären manche bisher schon wahrgenommene Erscheinung.

2) In den „*Beiträgen zur Fixsternkunde*.“

venpapille der Retina nur etwa $\frac{1}{8000}$ Par. Zoll betrage. Indem er nun berechnete wie groſs der Bogen sey, den zwei aus dem Mittelpunkte der Krystalllinse unter einem Winkel von 40 Sec. gezogene Halbmesser an der Retina einschlieſsen, fand sich der eben erwähnte Durchmesser einer Papille.

7) Diese rein physikalische Entdeckung veranlaſst Doppler zu sagen, *daſs die jodirte Daguerre'sche Platte eine beträchtlich gröſsere Empfindlichkeit für das Licht äuſsere, als unser menschliches Auge;* womit er freilich nichts Anderes meint, als daſs diese Platte Lichteindrücke aufnehme von Gegenständen, die, von der Platte aus betrachtet, sich unter einem bedeutend kleineren Gesichtswinkel als 40 Sec. sind, darstellen müſsten. Er schlieſst dieſs, weil die feinen Quecksilberkügelchen, welche die Einwirkung des Lichts auf der Platte niederschlägt, einen viel kleineren Durchmesser als $\frac{1}{8000}$ Zoll haben [1]). Dieser Umstand nun läſst sich, wie Doppler zeigt, zur *Vervollkommnung unserer Sehkunst*, namentlich zur Beobachtung solcher Objecte benutzen, die ihrer Entfernung wegen unter einem Gesichtswinkel $< 40''$ erscheinen. Richten wir nämlich auf einen solchen Gegenstand ein Fernrohr, und schieben an der Stelle, wo sich das Bild des Objects erzeugt, eine jodirte Silberplatte ein, so wird sich auf dieser ein aus kleinen Quecksilberkügelchen zusammengesetztes Bild jenes Gegenstandes entwerfen. Und da diese Kügelchen eine sehr starke Beleuchtung vertragen und ein sehr starkes Reflexionsvermögen besitzen, so wird es möglich seyn mit einem guten Mi-

1) Ich erlaube mir zu bemerken, daſs neuere Versuche, die Hr. Corda in Gegenwart Mehrer angestellt hat, dasjenige, was Doppler über diesen Gegenstand a. a. O., S. 18, sagt, näher dahin berichtigt haben, daſs die gröſsten, in dem dunkeln Theile eines Daguerrotyp-Bildes befindlichen Quecksilberkügelchen bereits bei einer $1\frac{1}{2}$maligen Vergröſserung wahrgenommen werden, daſs es dagegen in den mattweiſsen Parthien des Bildes auch so kleine giebt, daſs erst eine 690malige Vergröſserung sie als untheilbare Punkte erblicken läſst. Versuchte Messungen gaben für die gröſsten den Durchmesser von 0,000080, für die kleinsten aber kaum 0,000015 Par. Zoll.

kroskop diefs Bild noch wahrzunehmen, ja seiner Gröfse nach zu messen, wenn der Gesichtswinkel desselben auch bedeutend $<40''$ ist. Gewährt z. B. das Objectivglas des Fernrohrs für sich allein auch nur eine 14 malige, das Mikroskop aber eine 1200 malige Vergröfserung, so wird der Gegenstand noch gesehen und gemessen werden können, wenn der Gesichtswinkel auch nur $\frac{1}{100}$ Sec. beträgt.

8) Wie bei dem *Schalle* (in II., 1)) lehrt Doppler uns auch beim *Lichte die Geschwindigkeit*, mit der die Aethertheilchen in unserer Nähe schwingen, berechnen; nämlich durch die Veränderung in der Intensität des Lichts, welches derselbe leuchtende Gegenstand, z. B. ein Stern, uns zusendet, wenn wir bei ziemlich gleicher Entfernung einmal uns ihm entgegen, einmal uns von ihm wegbewegen mit einer Geschwindigkeit, welche mit der zu berechnenden in einigen Vergleich kommt. Zur Messung der beiden Lichtintensitäten bedient man sich des I., 9) beschriebenen Apparats, und wählt absichtlich Sterne, deren Licht sehr schwach und dem Erlöschen nahe ist; wo sich erwarten läfst, dafs der Geschwindigkeitsunterschied in der Bewegung unserer Erde zu oder ab (etwa 9 Meilen in der Sec.) eine nicht unbeträchtliche Veränderung in der Intensität erzeugen werde. Je nachdem nun die Hypothese der *longitudinalen* oder jene der *lateralen* Schwingungen die wahre ist, wird sich entweder in den *Quadraturen* oder in der *Conjunction* und *Opposition* der stärkste Lichtunterschied ergeben; und man wird also nebst der gesuchten Schwingungsgeschwindigkeit des Lichts

9) auch in Erfahrung bringen, welche von jenen beiden Hypothesen die richtige sey.

10) Aus der bekannten Schwingungsgeschwindigkeit endlich wird sich nach einer bekannten Formel auch die Gröfse der *Excursion* der Aethermolecule bestimmen lassen.

III. Zur optischen Astronomie.

Diese Benennung erlaubt sich Doppler demjenigen Theile der Astronomie zu geben, zu dessen Kenntnifs uns

blofs durch Anwendung der ehedem nicht beachteten *optischen Lehrsätze* ein Weg gebahnt wird. Wie umfangsreich dieser Theil mit der Zeit zu werden Hoffnung giebt, und wie viele bisher für unmöglich gehaltene Entdeckungen über die Natur, Gröfse und Entfernung der Himmelskörper durch die Mittel, auf deren Gebrauch uns Doppler nur bisher aufmerksam gemacht hat, in Aussicht gestellt werden, ist in der That überraschend.

1) Blofs der Gedanke *der rotatorischen Ablenkung eines Lichtstrahls* [1]), wie vielfältig läfst er sich nicht zur Erweiterung unserer Himmelskunde benutzen!

a) Bei den Bedeckungen der Fixsterne durch die *Planeten*, besonders durch *Jupiter*, mufs durch die Atmosphäre derselben eine bald gröfsere, bald geringere rotatorische Ablenkung bewirkt werden, die bei dem letztgenannten wohl bis auf 26 Raumsecunden anwachsen dürfte, somit auch der Beobachtung zugänglich seyn, und durch ihre Gröfse aus einen Rückschlufs auf die Gröfse und Rotationsgeschwindigkeit seiner Atmosphäre erlauben wird.

b) Eine ähnliche Ablenkung mufs bei den *Verfinsterungen* der *Monde* durch ihre Hauptplaneten stattfinden, und kann, z. B. bei dem *vierten* Jupitermonde, einen Unterschied von einer *halben Minute* Zeit in seinem Verschwinden oder Wiedererscheinen zur Folge haben.

c) Die Frage, ob das *Zodiacallicht* nur ein Theil der Sonnenatmosphäre sey, wird sich entscheiden lassen, wenn wir beobachten, ob der Distanzunterschied zweier Sterne, davon bald nur der Eine, bald Beide aufserhalb dieses Lichtes erscheinen, in angemessener Weise sich ändere oder nicht.

d) Bei den Beobachtungen der Fixsterne und Planeten durch den *Schweif eines Kometen*, zumal um die Zeit seines Periheliums, mufs sich eine grofse Ablenkung zeigen; bei dem im J. 1843 mufste sie $\frac{1}{3}$ Grad betragen.

1) S. d. Abh. „*Ueber eine bei jeder Rotation eintretende Ablenkung u. s. w.*“

e) Auch die höchst schwierige Frage, ob ein gegebener *Nebelfleck* eine rotatorische Bewegung habe, und von welcher Winkelgeschwindigkeit sie sey, wird sich, wie der Verf. zeigt, durch die Beobachtung der eigenthümlichen Ablenkung, welche das Licht eines nahen Fixsternes durch ihn erleidet, zuweilen beantworten lassen.

f) Auch die Höhe unserer *Erdatmosphäre* liefse sich durch Vergleichung der rotatorischen Ablenkung am Horizont und im Zenith bestimmen u. m. A.

2) Aus der von ihm zuerst aufgestellten *rotatorischen Ablenkung der Wellen* wagt es, obgleich nur schüchtern, Doppler [1]) *das Aberrationsphänomen* zu erklären, wenn anders vorausgesetzt werden darf, dafs eine solche Ablenkung beim Lichte stattfinde.

3) Ein Problem, zu dessen Lösung wir bis jetzt gar keine Aussicht gehabt, war unstreitig die Bestimmung der Entfernungen und der wahren, ja auch nur der sogenannten scheinbaren Gröfsen, d. h. der Gesichtswinkel, auch nur der nächsten, geschweige denn der entferntesten Fixsterne. Unser Gelehrte eröffnet uns einen doppelten Weg zu diesem nie gehofften Ziele. Der Eine brauchbar in dem fast von allen Anhängern der Undulationstheorie vorausgesetzten Falle, dafs in freiem Aether gar keine Absorption des Lichts statt habe, der andere, sofern das Gegentheil gilt. Beide beruhen jedoch auf einer im Anfange unvermeidlichen *Voraussetzung*, dafs der grofse Unterschied, den wir in dem Lichtglanze der Fixsterne gewahren, nur von ihrer verschiedenen Entfernung oder Gröfse, keineswegs aber von einer wesentlichen Verschiedenheit der Leuchtkraft der Theilchen an ihren Oberflächen selbst herrühre; eine Voraussetzung, die in der That um so annehmbarer ist, je wahrscheinlicher es ist, dafs diese Körper alle einen nahezu gleichen Ursprung und ihr Leuchten eine allen gemeinschaftliche Ursache habe.

1) Siehe „*Drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“, S. 27.

a) Erleidet das Licht bei seinem Fortgange im Weltraume keine Absorption, so vermindert sich die Lichtintensität eines sich uns als ausgedehnt darbietenden Körpers durch keine Entfernung, indem die Leuchtkraft jedes Punktes zwar verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung, abnimmt, allein in eben diesem Verhältnisse auch die scheinbare Gröfse des Körpers abnimmt. Ist er uns aber schon so weit entrückt, dafs er blofs als ein unausgedehnter Punkt erscheint, d. h. (II., 6)) ist sein Gesichtswinkel kleiner als 40″ geworden: dann mufs seine Lichtintensität nur eben im verkehrten quadratischen Verhältnisse seiner Entfernung abnehmen.

α) Vergleichen wir nun mit dem I., 9) beschriebenen Intensitätsmesser zwei Sterne, deren Gesichtswinkel φ und $\varphi' < 40''$ sind, und sind die Ocularaperturen, bei denen uns beide von gleicher Intensität erscheinen, p und p', so mufs

$$\varphi : \varphi' = p' : p$$

seyn. Wir werden somit durch wiederholte Anwendung dieses Verfahrens in den Stand gesetzt, nach und nach die Gesichtswinkel aller Sterne wenigstens im *Verhältnisse* unter einander kennen zu lernen, und würden somit diese auch in ihrem Bogenmaafse bestimmen können, wenn wir das Bogenmaafs nur eines einzigen derselben, z. B. des Sirius, erführen.

β) Um zu diesem Ziele zu gelangen, hat der Verf. den sinnreichen Einfall, mit einer oder auch mit beiden Dioptern des Photometers eine Röhre von wenigstens 10′ Länge zu verbinden, welche an ihrem vorderen Ende mit einer metallenen Platte geschlossen ist, in der nur eine sehr kleine kreisrunde Oeffnung von etwa Einem Duodecimalpunkte angebracht ist. Richtet man diesen Apparat mit Einer seiner Röhren nach der Sonne, so übersieht man nur einen so kleinen Theil ihrer Scheibe, dafs dieser ganz das Aussehen eines strahlenden Sternes hat; und beliebigenfalls

auch von diesen Strahlen befreit werden kann, wenn man die Oeffnung mit venetianischem Terpenthin ausfüllt. Verschafft man sich jetzt noch eine Lichtquelle, die sich bei Tag und bei Nacht in ganz gleicher Weise erzeugen läfst, und vergleicht man diese Lichtquelle einmal mit der Sonne, ein andermal mit einem Sterne, z. B. Sirius, so hat man, wenn die Gesichtswinkel bei Sonne und Sirius φ und φ', die Aperturen p und p' sind; der Gesichtswinkel bei der Lichtquelle $\varphi_{\prime}$ und die Apertur, um sie der Sonne gleich zu machen, $p_{\prime}$, um sie dem Sirius gleich zu machen, $p_{\prime\prime}$ ist:

$$\varphi_{\prime} : \varphi = p : p_{\prime}$$
$$\varphi_{\prime} : \varphi' = p' : p_{\prime\prime}$$

und somit:

$$\varphi' = \frac{p p_{\prime\prime}}{p_{\prime} p'} \cdot \varphi.$$

Da man nun φ aus der bekannten Länge der Röhre und dem Durchmesser der Oeffnung berechnen kann, so findet sich der Gesichtswinkel des Sirius, und dadurch auch der eines jeden anderen Sternes.

γ) Um nun zu einer Bestimmung der *absoluten Entferfernungen* zu gelangen, erinnert der Verf. [1]), dafs wir (nach II., 8)) wenigstens bei sehr vielen Sternen im Stande sind zu bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit $= v''$ ihr Licht in der Nähe unseres Auges schwinge. Wissen wir also von einem solchen Sterne zugleich, dafs er sich zu gewissen Zeiten mit einer bekannten Geschwindigkeit, welche das eine Mal $= a$, das andere Mal $= a'$ ist, gegen uns bewege, und beobachten wir die Veränderung, welche durch diese Bewegungen in seiner Lichtintensität entsteht, indem wir die Aperturen, die ihn in gleichem Lichte zeigen, p und p' messen, so findet sich, wenn seine in beiden Fällen nicht merklich unterschiedene Entfernung L heifst:

1) *Beiträge zur Fixsternkunde*, S. 26.

$$L = \frac{a'p' - ap}{(p - p')v''}.$$

Ich gestehe offen, dafs mir diese Methode, L zu berechnen, von einer sehr beschränkten Anwendbarkeit scheint, weil wir doch nur in den seltensten Fällen die Geschwindigkeiten a und a' zu bestimmen im Stande seyn dürften. Haben wir übrigens L, so ist es freilich leicht, aus L und dem Gesichtswinkel φ die absolute Gröfse des Sterns, d. h. den Durchmesser $D = L\varphi$ zu berechnen.

b) Glücklicherweise ist aber die hier zu Grunde liegende Voraussetzung, dafs sich das Licht durch den ganzen Weltraum hin ungeschwächt verbreite, selbst nicht sehr wahrscheinlich, und der entgegengesetzte Fall, wenn eine Absorption, und zwar eine in gleichen Weiten ziemlich gleiche Absorption besteht, bietet ein Mittel von viel allgemeinerer Anwendung dar, die verschiedenen Entfernungen der Sterne gerade aus der verschiedenen, bei ihnen stattgefundenen *Lichtschwächung* selbst zu bestimmen. In diesem Falle giebt nämlich die in (a, α) vorgeschriebene Methode den Gesichtswinkel φ stets etwas kleiner an, als er in Wirklichkeit ist, und der Unterschied zwischen dem wahren $= \psi$ und dem nach dieser Art berechneten $= \varphi$ ist um so gröfser, je entfernter der Stern ist. Legen wir aber die uns irgend woher schon bekannte Entfernung eines der nächsten Fixsterne als Einheit zur Messung anderer Entfernungen zu Grunde, und bezeichnen wir den Theil des Lichts, der auf jenem der Einheit gleichen Wege absorbirt wird, durch μ, so dafs der übrigbleibende Theil $1 - \mu$ ist, so bleibt auf einem Wege, der λ Mal so lang ist, nur der Theil $(1 - \mu)^\lambda$, und es besteht die Gleichung:

$$\varphi = (1 - \mu)^\lambda . \psi.$$

Besäfsen wir also ein Mittel, wodurch sich die wahren Gesichtswinkel ψ bei allen Sternen, ganz unabhängig davon, ob es eine Absorption des Lichts giebt oder nicht, ausmessen lassen, so könnten wir blofs

dadurch, dafs wir φ durch das Photometer bestimmen, die Entfernung λ und dann aus ψ und λ auch die Durchmesser aller Sterne berechnen, wenn wir nur erst noch μ durch jenen einen, dessen Entfernung zur Einheit angenommen wird, vermittelst der für ihn stattfindenden Gleichung $\mu = 1 - \frac{\varphi}{\psi}$ bestimmen.

Ein solches Mittel aber bietet uns Doppler's II., 7) beschriebenes Verfahren dar, durch welches wir uns daguerreotypische Bilder von jedem beliebigen Sterne verschaffen können, die — wenn sie auch wegen der Umdrehung der Erde in die Länge verzogen seyn sollten, durch ihre Breite jedenfalls uns einen leichten Schlufs auf den wahren Gesichtswinkel des Sternes gestatten, da eine Lichtabsorption das Bild wohl matter machen, aber nicht seine Dimensionen verändern kann, wenn anders nicht etwa auf der daguerre'schen Platte eine Art Irradiation, ähnlich der auf der Retina des Auges, stattfindet, was wenigstens noch Niemand beobachtet hat [1]).

4) Man begreift von selbst, wie sich durch dieses Verfahren auch entscheiden liefse, ob in dem durch den Weltraum verbreiteten Aether *eine Lichtschwächung wirklich bestehe oder nicht.* Fände sich nämlich für den Gesichtswinkel eines Sternes immer der gleiche Werth, man mag denselben nach 2, a, β oder nach 2, b, β bestimmen, so wäre das Vorhandenseyn des letzteren Falles erwiesen.

5) Haben wir einmal nach II., 8) die Geschwindigkeit $= v''$ berechnet, mit der die Aethermolecule bei dem von irgend einem Sterne in unser Auge gelangenden Lichte schwingen, und kennen wir bei diesem Sterne zugleich dessen Entfernung und Gröfse, oder nur dessen Gesichtswinkel ψ, so ergiebt sich hieraus auch die Geschwindigkeit v,

1) Mir däucht eine solche Irradiation gleichwohl aus chemischem Grunde sehr wahrscheinlich; doch meine ich, dafs es durch Doppler's Photometer möglich seyn sollte auch sie zu bestimmen und in Rechnung zu bringen.

mit der die Aethermolecule eben dieses Lichtes in der Entfernung $=1$ von ihrer Lichtquelle schwingen, weil $v = \frac{v''}{\psi}$ ist. Zeigte es sich, dafs dieses v in der That für alle Himmelskörper einen gleichen Werth hat, so wäre die Rechtmäfsigkeit der gleich im Anfange No. 3 gemachten Voraussetzung einer gleichen Leuchtkraft der oberflächlichen Theilchen bei allen Sternen factisch erwiesen. Stellte sich aber ein Unterschied heraus, so erachtet man leicht, wie dieser zur Correction der ohne seine Berücksichtigung gefundenen Werthe von L und D benutzt werden könnte, und Anlafs zu einer Menge neuer Untersuchungen gäbe.

Und so wäre denn jetzt vollauf zu thun für alle Physiker und Astronomen! Jedem, der Mufse hat, wäre Gelegenheit geboten zu sehr verdienstlicher Beschäftigung, zu Versuchen und Beobachtungen, die, wie immer sie ausfallen mögen, die Wissenschaft fördern, und deshalb auch einer dankbaren Anerkennung entgegen sehen dürften. Was Dopplern selbst belangt, so fühle ich mich schliefslich verpflichtet zu bemerken, dafs er gar nicht zu Denjenigen gehört, welche sich von dem Erfolge ihrer Erfindungen allzu sanguinische Hoffnungen machen, dafs er die Einwürfe und die Schwierigkeiten, die der Ausführung seiner Vorschläge entgegenstehen, gröfstentheils sehr wohl kenne, auch in den Abhandlungen ihrer erwähnt und manche auf sehr befriedigende Art gehoben hat, wovon ich begreiflicherweise, um nicht weitläufig zu werden, hier nichts mittheilen konnte.

IV. *Ueber das goldhaltige Glas; von Heinrich Rose.*

Wir verdanken Splittgerber [1]) eine Reihe von interessanten Versuchen über die merkwürdige Eigenschaft des weifsen goldhaltigen Glases, beim Anwärmen, oder bei der Temperatur des anfangenden schwachen Glühens schön rubinroth zu werden, ohne seine Durchsichtigkeit zu verlieren. Er fand, dafs der Erfolg nicht nur beim Zutritt der Luft, sondern auch eben so gut in Sauerstoffgas wie in Wasserstoffgas vor sich geht, und selbst auch in verschlossenen Tiegeln in Sand, Kohlenstaub oder in Zinnoxyd gepackt stattfindet. Erhitzt man das rothe Goldglas stärker, so wird es leberbraun, und undurchsichtig oder wenigstens minder durchsichtig.

Es gelang Splittgerber das rothe Glas nur auf die Weise wieder farblos zu erhalten, dafs er es in kleinen Stückchen vor dem Sauerstoffgebläse schmolz. Dieses farblos gewordene Glas konnte er wiederum durch neues Anwärmen rubinroth färben.

Ich kann die Resultate dieser Versuche durch eigene bestätigen, welche ich mit einem farblosen Goldglase angestellt habe, das auf der dem Grafen Schaffgotsch gehörigen Josephinen-Hütte bei Warmbrunn in Schlesien bereitet worden war, und das ich der Gefälligkeit des Hrn. Pohl, des Directors dieser Hütte verdanke. Es hatte eine nur etwas abweichende Zusammensetzung wie die des Glases, dessen sich Splittgerber bedient hatte. Es enhielt kein Zinnoxyd. Bei seiner Bereitung waren die Materialien in folgendem Verhältnisse angewandt worden:

46	Pfund	Quarz
12	-	Borax
12	-	Salpeter
1	-	Mennige
1	-	weifses Arsenik.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 61, S. 144.

Das Ganze war mit einer Auflösung von 8 Ducaten in Königswasser befeuchtet und darauf geschmolzen worden.

Das Glas wurde rubinroth nicht nur, wenn es in der atmosphärischen Luft, sondern auch in einer Atmosphäre von Sauerstoffgas und Kohlensäuregas erhitzt wurde. Die Versuche wurden auf die Weise angestellt, dafs das farblose Glas, in Röhren von schwer schmelzbarem Glase gelegt, zwischen Kohlen stark erwärmt wurde, während ich die genannten Gasarten darüber leitete. Wurde Wasserstoffgas angewandt, so wurde das Glas nur schwach röthlich und grau gefärbt, offenbar wohl dadurch, dafs das Bleioxyd in demselben reducirt wurde.

Wurde das rothe Glas einer gröfseren Hitze ausgesetzt, bei welcher es anfing etwas weich zu werden, so wurde es an diesen Stellen leberfarben. Es gelang mir diefs auf die Weise am besten, dafs ich das Glas einer Weingeistflamme aussetzte, durch welche ein Strom von Sauerstoffgas geleitet wurde.

Der Flamme des Knallgasgebläses ausgesetzt, schmolz das rothe Glas zu farblosen Tropfen, wie diefs auch schon Splittgerber bemerkt hat. Es gelang mir indessen nicht, wie ihm, diesem farblosen Glase durch Erwärmen die rubinrothe Farbe wieder mitzutheilen.

Splittgerber ist der Meinung, dafs das farblose Goldglas ein Silicat des Goldoxyds enthält, das beim Erhitzen in Goldoxydul verwandelt wird, durch dessen stark tingirende Kraft, selbst bei einer geringen Menge, eine dunkle Farbe hervorgebracht werden kann. Er äufsert diese Meinung, ohne einen besonderen Werth auf sie zu legen, und ohne sie durch einen quantitativen Versuch zu unterstützen, der bei der äufserst geringen Menge des Goldes im Glase in keinem Falle auch ein entscheidendes Resultat hätte geben können.

Da wir das Goldoxyd weder auf nassem Wege, noch weniger auf trocknem Wege mit Säuren verbinden können [1]),

1) Von allen Sauerstoffsäuren löst die Essigsäure das Goldoxyd in der gröfsten Menge auf; aber auch in dieser Auflösung ist das Goldoxyd sehr lose mit der Säure verbunden.

und wir eigentlich gar keine salzartige Verbindungen desselben weder in Auflösungen noch in fester Form kennen, so ist es nicht sehr wahrscheinlich, dafs es ein Silicat des Goldoxyds gebe, zumal eins, das bei einer sehr hohen Temperatur sich erst bildet.

Wenn aber wirklich ein solches in dem farblosen Goldglase existiren sollte, so sieht man nicht den Grund ein, warum dasselbe bei einer weit niedrigeren Temperatur, als zu seiner Erzeugung nothwendig ist, Sauerstoff verlieren und sich in Goldoxydul verwandeln sollte, und zwar selbst in einer Atmosphäre von Sauerstoffgas.

Andererseits wissen wir jetzt, dafs das Goldoxydul, welches eine Base ist, in seinen Verbindungen sich beständiger als das Oxyd verhält. Wir wissen, dafs der Purpur des Cassius, der, nach Berzelius neueren Ansichten, eine Doppelverbindung von zinnsaurem Zinnoxydul und zinnsaurem Goldoxydul ist [1]), eine sehr hohe Temperatur ertragen kann.

Es scheint mir daher weit natürlicher, in dem farblosen Goldglase ein Silicat des Goldoxyduls anzunehmen, das wie der Purpur des Cassius in Verbindung mit anderen Silicaten eine hohe Temperatur ohne Zersetzung ertragen kann, und diese zu seiner Bildung erfordert. Wird ein solches neutrale, oder vielleicht auch saure farblose Silicat von Neuem erwärmt, und zwar bei einer Temperatur, die weit niedriger ist, als die, bei welcher es erzeugt worden ist, so scheidet sich ein Theil des Goldoxyduls aus. Dieses sich ausgeschiedene Goldoxydul ist es, welches in kleiner Menge eine grofse Menge Krystallglas schön dunkel rubinroth zu färben im Stande ist.

Diese Ansicht scheint mir besonders durch die Analogien unterstützt zu werden, welche das Goldglas mit dem Glase des Kupferoxyduls hat.

Gold- und Kupferoxydul haben nicht nur eine gleiche atomistische Zusammensetzung, sondern auch viel Aehnlichkeit in den Eigenschaften.

[1]) Jahresbericht, No. 25, S. 192.

Bekanntlich bereitet man in den Glashütten vermittelst des Kupferoxyduls ein Glas von einer ähnlichen rubinrothen Farbe, wie sie das aufgewärmte Goldglas besitzt. Dieses Glas ist wie das Goldglas nach dem Schmelzen farblos, und bekommt wie dieses die rothe Farbe durch's Aufwärmen. Diefs geschieht nicht vermittelst einer Reduction des etwa im Glase enthaltenen Kupferoxyds zu Oxydul, denn das farblose Glas wird auch durch's Erwärmen roth, wenn es von beiden Seiten mit farblosen Krystallglas überzogen ist; eine Erscheinung, auf welche mich Hr. Pohl aufmerksam machte. Auch erhält das farblose Glas, wenn es lange in einem Strome von Sauerstoffgas bei einer stark erhöhten Temperatur erhitzt wird, bei welcher es aber noch nicht schmilzt oder stark erweicht, eine grüne Farbe, die von Kupferoxyd herrührt. In Kohlensäuregas dagegen wird es roth, und zwar theils durchsichtig roth, theils emailartig und undurchsichtig. Durch einen Strom von Wasserstoffgas wird das Kupfer im Glase reducirt, aber zugleich auch das darin in gröfserer Menge enthaltene Bleioxyd, so wie das darin befindliche Zinnoxyd.

Wir sehen also, dafs das Silicat von Kupferoxydul farblos ist, und durch eine geringere Temperatur als die ist, bei welcher es sich gebildet hat, roth werden kann. Dieses Rothwerden rührt offenbar davon her, dafs ein Theil des Kupferoxyduls sich durch's Erwärmen ausscheidet, und obgleich nur eine geringe Menge desselben frei wird, so kann es wegen seiner stark färbenden Kraft eine grofse Menge von Glas intensiv färben, ohne dafs dasselbe seine Durchsichtigkeit verliert, wenn seine Quantität nicht zu bedeutend und die Erhitzung nicht zu stark gewesen ist, in welchen Fällen es emailartig wird.

Jeder, der mit Löthrohrversuchen sich beschäftigt, weifs, dafs ähnliche Erscheinungen sich zeigen, wenn man geringe Mengen von Kupferoxyd sowohl in Borax als auch in Phosphorsalz auflöst, und die Gläser im Reductionsfeuer behandelt. Beide Gläser sind, wenn in der inneren Flamme das Kupferoxyd zu Oxydul reducirt worden ist, vollkom-

men farblos, und werden erst roth unter der Abkühlung, gewöhnlich beim Gestehen, also bei einer niedrigeren Temperatur als die ist, bei welcher sie sich gebildet haben. Bei einem sehr geringen Kupfergehalt wird die farblose Phosphorsalzperle beim Gestehen oft durchsichtig rubinroth.

Dafs gewisse Oxyde, wenn sie durch Schmelzen in Flüssen aufgelöst worden sind, und mit diesen gleichsam neutrale oder saure Salze bilden, durch erneutes Erwärmen bei einer Temperatur, die weit niedriger ist, als die, bei welcher sie sich aufgelöst haben, zum Theil sich wieder aus der Auflösung ausscheiden, ist eine bei Löthrohruntersuchungen sehr gewöhnlich vorkommende Erscheinung. Sie zeigt sich besonders, wenn man jene Oxyde in Borax aufgelöst hat, und das Glas bis zu einem gewissen Grade gesättigt ist. Wenn man das klare Glas durch sehr kurzes wiederholtes Anblasen wieder erwärmt, wodurch es aber nicht schmelzen darf, so wird es trübe und emailartig, auch oft gefärbt; durch sehr langes Blasen kann es wieder klar werden. Berzelius hat für diese Erscheinung den Kunstausdruck, dafs ein Glas unklar *geflattert* werden kann, eingeführt.

Man kann diese Erscheinung vielleicht mit der vergleichen, dafs die Auflösungen mehrerer neutraler Metalloxydsalze durch's Kochen einen Theil des Oxyds ausscheiden. Aber beide Erscheinungen haben in sofern eine nur entfernte Aehnlichkeit, als die theilweise Ausscheidung des Oxyds im letzteren Falle durch die Gegenwart des Wassers bedingt wird, das als Base auftritt und eine schwächere Base ausscheidet.

Wenn man das Rothwerden des farblosen Gold- und Kupferoxydulglases beim Erwärmen von einer theilweisen Ausscheidung des Oxyduls herleitet, so kann man die Frage aufwerfen, warum das Glas beim Erwärmen nicht die Durchsichtigkeit verliert, da das ausgeschiedene Oxydul in einem nicht aufgelösten Zustand im Glase enthalten seyn mufs. Aber die Menge desselben ist so gering, dafs dadurch allen rothen Lichtstrahlen der Durchgang nicht gesperrt wird.

Aehn-

Aehnliche Erscheinungen finden wir bei wäſsrigen Auflösungen. Sehr kleine Mengen von suspendirtem Schwefelblei oder Schwefeleisen können Flüssigkeiten stark braun oder grün färben, ohne sie undurchsichtig zu machen, weil die Menge des ausgeschiedenen Schwefelmetalls äuſserst gering ist, aber doch in dieser geringen Menge eine groſse färbende Kraft hat.

Wenn das durch Anwärmen roth gewordene Goldglas einer noch stärkeren Hitze ausgesetzt wird, bei welcher es aber noch nicht schmilzt, sondern nur weich wird, so wird es, wie oben angeführt wurde, leberbraun und undurchsichtig. Es rührt dieſs offenbar davon her, daſs das durch's Anwärmen frei gewordene Goldoxydul sich zu Metall reducirt, was bei dem an Kieselsäure gebundenen Oxydul selbst bei der Schmelzhitze nicht stattfinden kann.

V. *Untersuchung einiger Mineralien, welche tantalsäure-ähnliche Metallsäuren enthalten; von Th. Scheerer in Christiania.*

Obgleich die Untersuchung der nachfolgenden Mineralien, besonders in Betreff der darin enthaltenen Metallsäuren, noch nicht beendigt ist, habe ich mich gleichwohl entschlossen, von dem bereits Ermittelten eine vorläufige Mittheilung zu machen, da ich voraussehe, daſs mich andere Arbeiten während längerer Zeit abhalten werden, diese Untersuchung wieder aufzunehmen. Die von mir untersuchten, hierher gehörigen Mineralien sind: Eukolit (neue Species), Wöhlerit, Euxenit, Polykras, niob-pelopsaures Uran-Manganoxydul und krystallisirtes Uranpecherz. In allen diesen Mineralien kommen Metallsäuren vor, welche mir so groſse Aehnlichkeit mit der von Heinrich Rose entdeckten Niobsäure und Pelopsäure zu besitzen scheinen, daſs ich nicht daran zweifle, daſs spätere Untersuchungen

diese Aehnlichkeit bis zur vollkommenen Identität steigern werden. Die Trennung jener Säuren von einander, welche in den genannten Mineralien stets zusammen auftreten, ist mir bisher nicht gelungen; das chemische Verhalten ihres *Gemenges* gab sich mir besonders in folgenden Punkten als ein charakteristisches zu erkennen.

1) Das Hydrat dieser Metallsäuren, sowohl im feuchten als getrockneten Zustande, ist rein weifs, und verändert diese Farbe nicht, wenn es längere Zeit mit Ammonium-Sulfhydrat in Berührung gelassen wird.

2) Beim Glühen des getrockneten Hydrats zeigt sich die bekannte Lichterscheinung, und die wasserfreien Säuren bleiben als porcellanartige Masse zurück. Diefs ist wenigstens der Fall, wenn das Hydrat aus einer Lösung erhalten wurde, in welcher die Metallsäuren an Alkali gebunden waren. Wurde das Hydrat dagegen durch Auswaschen der schwefelsauren Metallsäuren mittelst ammoniakhaltigen Wassers dargestellt, so erhält man eine mehr oder weniger lockere oder doch nicht porcellanartige Masse.

3) Durch Erhitzen bis zum schwachen Glühen nehmen die Metallsäuren eine intensiv citrongelbe Farbe an, welche nach dem Erkalten wieder verschwindet.

4) Die geglühten Metallsäuren werden weder von Schwefelsäure, Salzsäure noch Salpetersäure gelöst, leicht und vollständig dagegen von rauchender Flufssäure. Durch Eindampfen der flufssauren Auflösung erhält man, wenn es bei möglichst niedriger Temperatur geschah, eine farblose glasartige, bei höherer Temperatur dagegen eine weifse porcellanartige oder auch matte, erdige Masse. Steigert man die Erhitzung bis zum Glühen, so entweicht Flufssäure aus jeder dieser Massen; aus der glasartigen anscheinend am meisten. Die hierbei zurückbleibenden Metallsäuren nehmen in höherer Temperatur niemals eine so intensiv gelbe Farbe an, wie die durch Glühen des Hydrats erhaltenen, was aller Wahrscheinlichkeit nach daher rührt, dafs die in Flufssäure gelöst gewesenen Säuren nach der Erhitzung in einem poröseren Zustande zurückbleiben, als diefs bei jenem andern der Fall ist.

5) Das während längerer Zeit ausgewaschene feuchte Hydrat wird sowohl von Salzsäure als von Schwefelsäure nur unvollständig gelöst.

6) Durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali (worin sich die Metallsäuren vollständig auflösen) erhält man nach dem Erkalten eine weifse nicht krystallinische Salzmasse, bei deren Behandlung mit heifsem Wasser die Metallsäuren, an Schwefelsäure gebunden, als weifse schleimige Masse zurückbleiben. In der abfiltrirten Solution entsteht weder durch Verdünnen mit Wasser, noch durch Kochen ein Niederschlag. Wäscht man die schwefelsauren Metallsäuren mit Wasser aus, so büfsen sie hierbei einen grofsen Theil ihres Schwefelsäuregehalts ein; vollständig geschieht diefs aber erst durch Ammoniak oder durch Trocknen und Glühen.

7) In einer gröfseren Quantität concentrirter Schwefelsäure sind die feuchten *schwefelsauren* Metallsäuren vollständig löslich.

8) Wird das feuchte Hydrat mit Zink und Salzsäure auf die bekannte Weise behandelt, so erhält man keine blaue Lösung, aber die Flocken des Hydrats nehmen eine blaue Farbe an, die nach einiger Zeit so dunkel wird, dafs sie fast schwarz erscheint. Ebenso verhalten sich die schwefelsauren Metallsäuren. Wendet man bei diesen Versuchen verdünnte Schwefelsäure oder ein Gemenge von Schwefelsäure und Salzsäure anstatt der Salzsäure an, so bildet sich eine smalteblaue Auflösung.

9) Schmelzt man die Metallsäuren mit kohlensaurem Natron zusammen und behandelt die Masse mit Wasser, so löst sich von dem metallsauren Natron desto weniger auf, je weniger Wasser man anwendet, je concentrirter also die Solution des im Ueberschusse zugesetzten kohlensauren Natrons ist. Aber auch durch sehr viel Wasser wird nur ein Theil des metallsauren Natrons gelöst.

10) Werden die Metallsäuren mit kaustischem Kali zusammengeschmolzen, und wird darauf die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt, so erhält man eine klare

Auflösung, sowohl wenn eine geringere als wenn eine gröfsere Menge Wasser angewendet wurde.

11) Fügt man Salzsäure im Ueberschufs zur Auflösung des metallsauren Alkali, so wird ein Theil der Säure als Hydrat niedergeschlagen, ein anderer Theil zur opalisirenden Flüssigkeit gelöst.

12) In dieser Flüssigkeit bringt Galläpfeltinktur einen dunkel orangefarbenen Niederschlag hervor. Dieselbe Farbe nimmt das feuchte Hydrat oder das feuchte schwefelsaure Salz an, wenn es mit Galläpfeltinktur übergossen wird.

13) Durch Zusammenschmelzen der Metallsäuren mit Kieselerde und kohlensaurem Alkali, und Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wasser erhält man eine Flüssigkeit, welche, obwohl sie Kieselerde und Metallsäuren gelöst enthält, bei ihrer Uebersättigung mit Salzsäure durchaus keinen Niederschlag absetzt. Wird darauf aber Ammoniak im Uebermaafs hinzugefügt, so entsteht ein sehr beträchtlicher gelatinöser Niederschlag, aus einem Gemenge von den Hydraten der Kieselerde und der Metallsäuren bestehend. Die Gegenwart der Kieselerde verhindert also hier die Ausscheidung der Metallsäuren durch Salzsäure.

14) Vor dem Löthrohre zeigt das Gemenge der Metallsäuren ein Verhalten, welches dem eines Gemenges von Niobsäure und Pelopsäure sehr nahe kommt. Die kleinen Abweichungen, welche hierbei stattfinden, führe ich nicht an, weil ich Grund zu vermuthen habe, dafs die von mir dargestellten Säuren nicht vollkommen frei von fremden Stoffen waren. Diesem Umstande messe ich es unter anderem bei, dafs ich die braune Farbe der gesättigten reducirten Phosphorsalzperle nicht blofs auf Kohle, sondern auch auf Platindraht erhielt [1]).

Der Complex der angeführten Eigenschaften wird meine oben ausgesprochene Behauptung rechtfertigen, dafs die

1) Diese charakteristische Reaction kann sehr leicht übersehen werden, wenn man nicht eine sehr beträchtliche Menge der Säuren in Phosphorsalz gelöst hat, oder wenn die Reduction nicht lange genug fortgesetzt wird.

betreffenden Metallsäuren sich sehr ähnlich einem aus Niobsäure und Pelopsäure bestehenden Gemenge verhalten. — Ich gehe nun zu den einzelnen, von mir untersuchten Mineralien über, in welchen diese Metallsäuren vorkommen.

1) Eukolit und Wöhlerit.

Mit dem Namen Eukolit habe ich ein als accessorischen Gemengtheil des norwegischen Zirkonsyenits vorkommendes Mineral belegt, dessen äufsere Charaktere von mir bereits früher (s. Pogg. Ann., Bd. 61, S. 222) beschrieben worden sind. Ich naunte dasselbe damals »brauner Wöhlerit,« weil es sowohl durch jene Charaktere als durch seine qualitative Zusammensetzung dem Wöhlerit sehr nahe gestellt wird. Meine zu gleicher Zeit ausgesprochene Vermuthung, dafs es vielleicht ein Wöhlerit sey, in welchem der gröfste Theil der Zirkonerde durch Eisenoxyd ersetzt ist, hat sich in so weit bestätigt, als das Mineral in der That weit mehr Eisenoxyd und beträchtlich weniger Zirkonerde als der Wöhlerit enthält [1]). Die quantitative Analyse hat jedoch ergeben, dafs die anderen Hauptbestandtheile beider Mineralien, nämlich Kieselerde, Kalkerde und Natron, im Eukolit in ganz anderen stöchiometrischen Verhältnissen auftreten, als im Wöhlerit. Das Resultat einer Zerlegung, welche auf ganz ähnliche Weise ausgeführt wurde wie beim Wöhlerit (s. Pogg. Ann., Bd. 59, S. 327), war folgendes. Die Bestandtheile des Wöhlerit sind zur Vergleichung daneben angeführt.

1) Aus diesem Grunde gab ich dem Mineral den Namen Eukolit. Dasselbe begnügte sich nämlich gewissermafsen, da es ihm an Zirkonerde fehlte, mit Eisenoxyd.

	Eukolit.	Wöhlerit.
Kieselsäure	47,85	30,62
Metallsäuren / Zirkonerde	14,05	29,64 (15,17 $\dot{Z}r$)
Eisenoxyd	8,24	2,12
Kalkerde	12,06	26,19
Ceroxydul	2,98	—
Natron	12,31	7,78
Manganoxydul	1,94	1,55
Talkerde	Spur	0,40
Wasser	0,94	0,24
	100,37	98,54.

Daſs im Wöhlerit gar kein Ceroxydul vorkomme, halte ich nicht für ausgemacht; eine kleine Quantität desselben könnte ich früher möglicherweise übersehen haben. — Bei meiner ersten Untersuchung des Wöhlerit (l. c. S. 327) hielt ich das in diesem Minerale vorkommende Gemenge von Metallsäuren für Tantalsäure, später, nachdem mir eine kurze vorläufige Mittheilung der H. Rose'schen Entdeckung der Niobsäure zugekommen war, glaubte ich diese Säure darin zu erkennen. Nach der Publication von Heinrich Rose's Untersuchungen über das Pelopium habe ich mich aber davon überzeugt, daſs beide jene Annahmen nicht richtig waren. Dieser Irrthum dürfte darin Entschuldigung finden, daſs man der Tantalsäure früher Eigenschaften zuschrieb, welche theils der Niobsäure, theils der Pelopsäure zukommen, und daſs man, wie ich bereits erwähnt habe, in Bezug auf das Verhalten dieser Metallsäuren in der reducirten Phosphorsalzperle leicht getäuscht werden kann.

2) Euxenit.

Im 50. Bande von Pogg. Ann., S. 149, habe ich die vorläufige Untersuchung eines Minerals von Jölster in Bergenhuus-Amt mitgetheilt, dem ich den Namen Euxenit beilegte. Später bemühte ich mich vergeblich eine gröſsere Quantität desselben zur Analyse zu erhalten, und es war

mir daher sehr willkommen, als ich in einem mir vor etwa zwei Jahren aus der Gegend von Tvedestrand als Yttro-Tantalit zugekommenen Minerale ein dem Euxenit nahe verwandtes Mineral erkannte. In Farbe, Glanz, Härte, Strich und Bruch stimmt es mit dem Euxenit von Jölster vollkommen überein. Sein spec. Gewicht ist dagegen etwas höher, nämlich 4,73 bis 4,76, während ich das des Euxenit früher zu 4,60 bestimmte. Dieser Unterschied dürfte jedoch, besonders bei Mineralien dieser Art, nur unerheblich seyn. Auch in ihrem Verhalten vor dem Löthrohre zeigen beide Mineralien viel Uebereinstimmendes. Ihre Zusammensetzung ist folgende:

	Mineral v. Tvedestrand.	Euxenit v. Jölster.
Titansäure, Metallsäuren [1]	53,64	57,60
Yttererde	28,97	25,09
Uranoxydul	7,58	6,34
Ceroxydul	2,91	3,14
Eisenoxydul	2,60	—
Kalkerde	—	2,47
Talkerde	—	0,29
Wasser	4,04	3,97
	99,74	98,90.

Die Gesammtmenge der Titansäure und anderen Metallsäuren in beiden Mineralien weichen zwar nicht ganz unbedeutend von einander ab; allein dieser Umstand ist wohl nicht hinreichend in Betreff der sonst so vielfach ausgesprochenen Aehnlichkeit, ja fast Identität, Zweifel zu erwecken. Diese Differenz kann, aufser in verschiedenen relativen Quantitäten der betreffenden Säuren unter einander, theils in der Unvollkommenheit der von mir angewendeten analytischen Methoden, theils auch in dem Umstande

1) Obgleich mir eine scharfe Trennung der Titansäure von den andern Metallsäuren nicht geglückt ist, so vermag ich doch mit Gewifsheit anzugeben, dafs die erst genannte Säure im Euxenit von Tvedestrand in *bei weitem überwiegender* Menge auftritt.

liegen, dafs von beiden Mineralien nur kleine Quantitäten zur Untersuchung angewendet werden konnten. Ich nehme daher keinen Anstand, das Mineral von Tvedestrand mit dem Euxenit von Jölster in eine Species zu vereinigen. Am erst genannten Orte findet sich der Euxenit zum Theil in Krystallen, in rothbraunem Orthoklas eingewachsen. Von der Form dieser Krystalle wird sogleich die Rede seyn.

3) Polykras.

Die früher, sowohl in Pogg. Ann., Bd. 62, S. 429, als in der *Gäa norwegica,* Heft 2, S. 330, von mir angegebene qualitative Zusammensetzung dieses Minerals: Titansäure, Tantalsäure, Zirkonerde, Yttererde, Eisenoxydul, Uranoxydul (oder Oxyd) und Ceroxydul ist dahin zu verändern, dafs Niobsäure, und Pelopsäure anstatt Tantalsäure zu setzen ist.

Polykras und Euxenit besitzen sehr ähnliche Krystallformen. Beide krystallisiren nach dem rhombischen Systeme, und zwar in Säulen von nahe 140°, zugespitzt durch eine Pyramide, deren stumpfe Scheitelkanten etwa 152° betragen. Ein gröfserer Euxenitkrystall, welchen ich besitze, zeigt die Combination:

$$P . \infty P . \infty \breve{P} \infty . m \bar{P} \infty \text{ (wahrscheinlich } 2 \bar{P} \infty\text{)}.$$

An den Polykraskrystallen pflegen aufserdem noch andere Flächen vorzukommen, besonders $\infty \bar{P} \infty$, zuweilen auch $\bar{P} \frac{1}{3}$. In Farbe, Strich, Härte, Glanz und spec. Gewicht stimmen beide Mineralien weniger vollkommen mit einander überein. Während das spec. Gewicht des Euxenit 4,60 bis 4,76 gefunden wurde, beträgt das des Polykras 5,09 bis 5,12. Zu diesen Verschiedenheiten kommt der Gehalt des Polykras an Zirkonerde, von welchem Bestandtheile ich im Euxenit keine Spur auffinden konnte. Gleichwohl bedingen diese Differenzen wohl kaum einen gröfseren Unterschied, als solcher durch das quantitativ verschiedene Auftreten isomorpher Stoffe bedingt wird.

Krystallform und Zusammensetzung des Euxenit und Po-

lykras stellen beide Species dem Niobit (Columbit) und Samarskit zur Seite. Bei letzterem beträgt, nach G. Rose, Dana und Auerbach, der stumpfe Winkel ihrer rhombischen Säule 135° bis 136°, und beim Niobit die stumpfe Scheitelkante der Pyramide 150°. Folgendes Schema giebt eine Uebersicht über die wesentlichsten Bestandtheile dieser vier Mineralien, welchen, wenn auch nicht völlig identische, doch jedenfalls chemische Formeln zukommen, die keine verschiedene Krystallform bedingen.

	Säuren.	Basen.
Niobit	$\ddot{\mathrm{Nb}}$, $\ddot{\mathrm{Pe}}$	$\dot{\mathrm{Fe}}$, $\dot{\mathrm{Mn}}$
Samarskit	$\ddot{\mathrm{Nb}}$,	$\dot{\mathrm{Fe}}$, $\dot{\mathrm{U}}$ ($\ddot{\bar{\mathrm{U}}}$?) , $\dot{\mathrm{Y}}$
Euxenit	$\ddot{\mathrm{Ti}}$, $\ddot{\mathrm{Nb}}$, $\ddot{\mathrm{Pe}}$	$\dot{\mathrm{Y}}$, $\dot{\mathrm{U}}$
Polykras	$\ddot{\mathrm{Ti}}$, $\ddot{\mathrm{Nb}}$, $\ddot{\mathrm{Pe}}$	$\dddot{\bar{\mathrm{Zr}}}$, $\dot{\mathrm{Y}}$, $\dot{\mathrm{U}}$ ($\ddot{\bar{\mathrm{U}}}$?) $\dot{\mathrm{Fe}}$

Die von Heinrich Rose vermuthete Isomorphie der $\ddot{\mathrm{Nb}}$ und $\ddot{\mathrm{Pn}}$ mit $\ddot{\mathrm{Ti}}$ scheint in diesen Verhältnissen einen neuen Stützpunkt zu finden.

4) Niob-pelopsaures Uran-Manganoxydul.

Dieses äufserst seltenen Minerals, welches ich im Jahre 1844 auf dem Gebirgsrücken Strömsheien bei Valle in Sätersdalen fand, habe ich bereits in einem Reiseberichte in dem *Nyt Mag. for Naturvidensk.*, Bd. 4, S. 412, so wie auch in der Berg- und hüttenmännischen Zeitung, Jahrg. 4, S. 453, Erwähnung gethan. Eine gröfsere, zu einer genaueren Untersuchung hinreichende Quantität dieses Minerals hat sich bis jetzt leider nicht auffinden lassen, und ich mufs mich daher einstweilen mit der kurzen Mittheilung begnügen, dafs es die angeführten Bestandtheile enthält. Dafs es mit Gustav Rose's Samarskit (Uranotantal) zu einer Species vereinigt werden könne, scheint mir sowohl in Bezug auf die Zusammensetzung als auf die äufsere Beschaffenheit beider Mineralien zweifelhaft zu seyn. Zusammen mit dem niob-pelopsauren Uran-Manganoxydul findet sich stets das folgende Mineral.

5) Krystallisirtes Uranpecherz.

Dasselbe sieht dem vorerwähnten Minerale so ähnlich, daſs ich es lange Zeit damit verwechselte, bis mich die chemische Untersuchung von der Verschiedenheit beider belehrte. Diese eigenthümliche Art des Uranpecherzes kommt stets in mehr oder weniger krystallinisch ausgebildeten Körnern vor, welche zuweilen die Gröſse einer Erbse besitzen. In Farbe, Glanz und Bruch ist es von dem vorigen fast nicht zu unterscheiden. Erst nachdem ich mich durch die chemische Untersuchung von dem Unterschiede beider Mineralien überzeugt hatte, glaubte ich zu bemerken, daſs das Uranpecherz eine mehr rein schwarze Farbe und einen etwas ebneren Bruch besitze. Das spec. Gewicht desselben ist 6,71, und seine Zusammensetzung fand ich durch die Analyse einer nur 0,718 Grm. betragenden Quantität, wie folgt:

Grünes Uranoxyd	76,6
Bleioxyd, Metallsäuren, Kieselerde	15,6
Manganoxydul (oder Oxyd?)	1,0
Wasser	4,1
Verlust und Gebirgsart	2,7
	100,0.

Ob die Metallsäuren als wesentliche Bestandtheile dieses Minerals zu betrachten seyen, will ich dahingestellt seyn lassen. Es wäre möglich, daſs ihre Anwesenheit nur von einer Einmengung des vorgedachten Minerals herrühre. In den 15,6 Proc. Bleioxyd, Metallsäuren und Kieselerde bildete das Bleioxyd die gröſste, die Kieselerde die geringste Menge. Das niob-pelopsaure Uran-Manganoxydul enthält keine Spur von Bleioxyd.

Die hervorstechendste Eigenthümlichkeit dieses Uranpecherzes scheint mir in seiner krystallinischen Entwicklung zu bestehen. Ich fand einige vollständig und scharf ausgebildete Krystalle desselben, welche man leicht als re-

guläre Octaëder mit untergeordneten Hexaëderflächen erkennt. — Beide erwähnten uranhaltigen Mineralien, von denen das letzte weniger selten vorkommt als das erste, sind sehr leicht der Verwitterung unterworfen. Ist dieselbe vollständig vor sich gegangen, so zeigt sich das niob-pelopsaure Uran-Manganoxydul in eine blaſsgelbe, das Uranpecherz in eine hochgelbe erdige Masse umgewandelt. Letztere besteht aus fast reinem Uranoxydhydrat. Zuweilen findet man derartig metamorphosirte Krystalle des Uranpecherzes, welche ihre Form vollkommen bewahrt haben.

VI. *Chemische Untersuchung der Quellenabsätze des Alexisbades am Harz;*
von C. Rammelsberg.

Nachdem insbesondere durch Walchner die Gegenwart von Arsenik in Eisenerzen und eisenhaltigen Quellenwässern dargethan worden [1]), hat dieser Gegenstand mehrfache Untersuchungen veranlaſst. Allerdings hat schon früher Fischer einen Arsenikgehalt im Stollenwasser von Reichenstein nachgewiesen [2]); allein dieser konnte nicht befremden, da dort Arsenikeisen in gröſserer Menge vorkommt. Rumler gab an, daſs der Olivin aus dem Meteoreisen von Atacama und von der Pallas'schen Masse Arsenik enthalte [3]). (Ich habe schon vor längerer Zeit die Beobachtung gemacht, daſs die hellgelben reinen Körner des letzteren beim Erhitzen nichts Flüchtiges geben, daſs man hingegen aus den mit einer braunen Kruste bedeckten, und aus den einzelnen Eisentheilchen, welche dem mir überge-

1) Ann. der Chem. und Pharm., Bd. 61, S. 205. (Ann., Bd. 69. S. 557.)

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 26, S. 554.

3) Ebendas., Bd. 49, S. 591.

benen Olivin [1]) beigemengt waren, ein Sublimat von metallischem Arsenik erhält). In dem Pallaseisen, so wie in mehreren Arten Meteoreisen fand Walchner Arsenik und Kupfer.

Abgesehen von älteren unsicheren Angaben ist Arsenik in Quellen in neuerer Zeit zuerst durch Tripier, Henry und Chevallier, und zwar in einer Quelle bei Algier aufgefunden. Walchner untersuchte die wesentlich aus Eisenoxydhydrat bestehenden Quellenabsätze von Griesbach, Rippoldsau, Teinach, Rothenfels, Cannstadt, Wiesbaden, Schwalbach, Ems, Pyrmont, Lamscheid und des Brohlthals bei Andernach, und fand in allen Kupfer und Arsenik, in den Thermen von Wiesbaden zugleich Antimon. Dieses Metall kommt, nach J. Baur, auch in einem Mineralwasser bei Schlüpfheim im Kanton Luzern vor [2]). Zinn- und Kupferoxyd hatte Berzelius schon früher im Saidschitzer Bitterwasser entdeckt.

Will [3]) suchte den Metallgehalt einiger Quellen und Quellenabsätze quantitativ zu ermitteln, und indem er das Verhältniſs des Eisens zu den Metallen in dem Ocker oder in dem Rückstand von der Verdampfung gröſserer Mengen Wasser bestimmte, berechnete er mit Hülfe des Eisengehalts im Mineralwasser selbst die Menge des Arseniks etc. in letzterem. Seinen Versuchen zufolge ist das Arsenik als *arsenige* Säure, das Zinn als Zinnoxydul in den Quellenabsätzen vorhanden.

10,000 Th. Wasser von Rippoldsau enthalten danach:

	a) Josephsquelle.	*b*) Wenzelquelle.	*c*) Leopoldsquelle.
Antimonoxyd	0,00016	0,00010	0,00024
Zinnoxydul	0,00025	0,00017	0,00038
Arsenige Säure	0,00600	0,00400	0,00900
Kupferoxyd	0,00104	0,00069	0,00156
Bleioxyd	0,00025	0,00016	0,00037

1) Aus dem K. K. Mineralienkabinet in Wien erhalten.

2) Jahrb. für pract. Pharm., Bd. 10, S. 3.

3) Annalen der Chemie und Pharm., Bd. 61, S. 192.

Der Ocker der Josephsquelle enthielt 50,59 Proc. Eisenoxyd und 1,134 Proc. jener Metalle (im metallischen Zustande).

Will hat zugleich einige Quellabsätze Wiesbadens geprüft, deren Metallgehalt gröfstentheils aus Arsenik besteht. Drei Arten lieferten:

	I.	II.	III.
Eisenoxyd	41,32	54,32	5,26
Metall	0,961	1,073	0,17.

Nach Buchner d. J. [1]) enthält der Ocker der Kissinger Quellen viel Arsenik, etwas Zinn, aber nur eine zweifelhafte Spur Kupfer, der des Stahlbrunnens von Brückenau viel Kupfer, etwas Zinn, Spuren von Arsenik.

Ich habe neuerlich die Ockerabsätze der beiden Eisenquellen des Selkethals am Harz untersucht, welche zum Theil von mir selbst an Ort und Stelle gesammelt wurden.

A. Alexisbad. (Badequelle.)

In Alexisbad fliefst aus einem alten verlassenen Stollen (Schwefelstollen), der im Uebergangsgebirge (Grauwackenschiefer) angesetzt ist, und einen gleich den übrigen Gängen des Harzgeröder Feldes von Ost nach West streichenden und an Schwefelkies reichen Gang durchsetzt, die bekannte Badequelle, deren constante Temperatur man zu 6°,5 R. angiebt. Sie ist zuletzt von Trommsdorff untersucht worden. Der sich reichlich absetzende Ocker ist von hellbrauner Farbe, löst sich in Säuren mit Hinterlassung von etwas Quarzsand auf, und enthält eine nicht näher bestimmte Menge organischer Substanz (Quellsäure u. s. w.). Sein Arsenikgehalt ist so grofs, dafs schon 1 Gramm, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, im Marshschen Apparate eine starke Reaction hervorbringt. Die im Nachfolgenden angegebene Menge dieses Metalls ist das Mittel von zwei Versuchen, die mit 50 Grm. Ocker angestellt wurden.

1) Journal für practische Chemie, Bd. 40, S. 442.

100 Th. dieses Ockers enthalten:

Wasser und organische Substanz	26,33
Quarzsand	6,02
Lösliche Kieselsäure	0,43
Eisenoxyd	65,30 [1])
Manganoxyd	0,76
Kalkerde	0,15
Talkerde	0,04
Arsenik	0,958
Kupfer	0,017
Zinn	0,003
	100,008.

Kocht man diesen Ocker mit Kalilauge, so läfst sich in der alkalischen Flüssigkeit durch Silbersalze, Kupfersalze und Schwefelwasserstoff mit grofser Leichtigkeit die Gegenwart von *Arseniksäure*, aber nicht von arseniger Säure nachweisen, was ich hier besonders in Bezug auf die Angabe Will's bemerken möchte.

B. Alexisbrunnen. (Trinkquelle.)

Zwischen Alexisbad und Mägdesprung im Selkethale fliefst diese Quelle aus dem Uebergangsgebirge, und zwar gleichfalls aus einem alten Stollen (Katharinenstollen), welcher einen Gang, der Spatheisenstein, Quarz und Kalkspath, und an Erzen Bleiglanz und Blende führt, durchsetzt, mit angeblich 9°,15 R. Temperatur hervor. Ihr Ocker unterscheidet sich von dem eben beschriebenen dadurch, dafs er mit Säuren eine Gallerte bildet, mithin ein Eisenoxydsilicat enthält. Dabei entwickelt sich zugleich etwas Kohlensäure, welche an *Eisenoxydul* gebunden ist, dessen Vorhandenseyn die Reagentien darthun. Auch der Mangangehalt dieses Ockers ist um vieles gröfser, sein Metallgehalt dagegen sehr gering, so dafs 300 Grm. erforderlich waren, um eine annähernde quantitative Bestimmung zu erhalten.

1) Nach einer besonderen Eisenprobe = 65,94 Proc.

Wasser und organische Substanz	23,93	24,24	
Quarzsand	6,71	7,00	13,25
Lösliche Kieselsäure	6,91	6,46	
Eisenoxyd	53,88	55,17	55,75
Eisenoxydul	1,68		
Manganoxyd	6,95		
Kalkerde	0,40		
Talkerde	0,12		
Kohlensäure	1,36		
Arsenik	0,025		
Kupfer und Zinn	0,001		
	101,966.		

Legt man die in Betreff des Eisengehalts ziemlich übereinstimmenden Analysen des Wassers dieser Quelle von Trommsdorff und Bley zum Grunde, wonach 16 Unzen etwa 0,4 Gran kohlensaures Eisenoxydul enthalten, und nimmt man an, was allerdings nicht bewiesen ist, dafs in dem Ocker Arsenik und Eisen in demselben Verhältnifs wie in dem Wasser sich finden, so enthalten etwa 200 Pfund des letzteren 0,025 Gran Arsenik, oder das Wasser enthielte $\frac{1}{62,000000}$ seines Gewichts Arsenik.

VII. *Fortsetzung der Untersuchung des Meteoreisens von Braunau; von N. W. Fischer*[1]).

Vorgelesen in der phys. Sect. der schles. Gesellsch. für vaterl. Kultur den 20. October 1847.

Bei der mit Prof. Duflos gemeinschaftlich unternommenen Untersuchung hatten wir uns, wie angegeben, der Feilspäne bedient, welche mir bei meiner Anwesenheit in Braunau von der Masse abzufeilen der H. Oberamtmann Slawkowsky erlaubt hatte; wir konnten daher das Meteor als einen homogenen Körper annehmen. Gegenwärtig durch

1) S. Annalen, im vorigen Heft, S. 475.

die besondere Güte des Abts Dr. Rotter im Besitz eines ganzen Stücks von mehr als 20 Grm. suchte ich zunächst auszumitteln, aus welchen heterogenen Körpern dieses Meteoreisen zusammengesetzt sey, und fand, dafs es drei verschiedene Körper enthalte.

Der eine, und der bei weitem vorwaltende, die Hauptmasse, ist aber die Verbindung von Eisen, Nickel und Kobalt mit Spuren der anderen Stoffe, wie wir es als Ergebnifs unserer Untersuchung angegeben haben [1]).

Ein zweiter, der an vielen einzelnen Stellen in der Hauptmasse eingewachsen vorkommt, und sich sehr deutlich durch Farbe, Bruch, Sprödigkeit und Glanz von derselben unterscheidet, kann durch mechanische Mittel leicht davon getrennt werden.

Ein dritter endlich wird aus dem Meteoreisen als kleine dünne Blättchen, Flitterchen, abgeschieden, wenn Salzsäure so lange darauf einwirkt, als noch eine Auflösung stattfindet [2]).

Das zugleich bei Einwirkung der Säuren abgeschiedene schwarze Pulver, ebenfalls als einen eigenthümlichen Körper anzunehmen, halte ich nicht für begründet, da es vielmehr die einzelnen Bestandtheile der Hauptmasse enthält, welche, als unlöslich in den angewandten Säuren, abgeschieden werden.

Indem ich nun auch von diesen beiden Körpern — dem zweiten und dritten — das Verhältnifs ihrer Bestandtheile auszumitteln suchte, mufste ich mich bei der äufserst geringen Menge derselben, welche mir zu Gebote stand, grofsentheils auf das qualitative beschränken.

1)

1) Doch dürften manche dieser Stoffe von den zwei andern Körpern herrühren.

2) Einen ähnlichen Körper hatte Berzelius in der Meteormasse von Bohumilitz gefunden und als Schüppchen bezeichnet, aber diese waren weifs, körniger, schwerer und liefsen sich daher leicht durch Schlämmen von dem zugleich ausgeschiedenen kohligen Pulver trennen (s. Poggend. Annalen, Bd. 27, S. 122 u. f.), was hingegen bei diesen zarten Flitterchen nur zum Theil bewirkt werden kann.

1) Der eingewachsene Körper.

Verdünnte Salzsäure, welche auf die Hauptmasse erst nach einiger Zeit einwirkt, entwickelt, auf diesen Körper gegossen, sofort eine grofse Menge Schwefelwasserstoffgas — das Wasserstoffgas, welches die Meteormasse, in der nichts von diesem Körper enthalten ist, bei Einwirkung der Salzsäure entwickelt, hat nicht den geringsten Geruch nach Schwefelwasserstoffgas — und löst ihn bis auf einen geringen Rückstand, in ein grauschwarzes Pulver auf. Dieses, auf ein dünnes Platinblech gebracht, entzündet sich schon bei gelindem Erhitzen, wie Zunder glimmend, was sich beim Erglühen des Blechs wiederholt. Das nunmehr bräunlich gefärbte Pulver wurde mit salpetersaurem Natron auf dem Platinblech zusammengeschmolzen und geglüht. Beim Erkalten zeigt das Salz eine gelbe Farbe, löst sich mit dieser Farbe in Wasser auf, welche Auflösung, nachdem sie mit Salpetersäure neutralisirt worden ist — um sowohl das kaustische als das salpetrichtsaure Natron in salpetersaures zu verwandeln — in salpetersaurer Silberoxydlösung einen schönen rothen Niederschlag hervorbringt, der sowohl in Salpetersäure als in Ammoniak leicht aufgelöst, und aus dieser Auflösung durch das wechselseitige Neutralisiren, d. h. der salpetersauren Auflösung durch Ammoniak und der ammoniakalischen durch Salpetersäure, wieder mit der schönen rothen Farbe abgeschieden wird [1]).

Die salzsaure Auflösung enthält Eisen und eine geringe Menge Nickel.

Das Verhältnifs des in Salzsäure aufgelösten Theils zu dem ungelöst gebliebenen ist in 100 = 97 : 3.

(Ich hatte zur Untersuchung 0,073 Grm., von diesen blieb ungelöst 0,002).

Die Bestandtheile dieses Körpers sind demnach:

Eisen } in 100 = 78,9
Schwefel } Einfach-Schwefeleisen

1) Von allen Reactionen für Chromsäure scheint mir die angegebene die charakteristischste und sicherste zu seyn, welche zugleich am leichtesten hervorzubringen ist.

Nickel
Chrom
Kohlenstoff.

Von den angewandten 0,073 war das aus der salzsauren Auflösung abgeschiedene Eisenoxyd 0,083, folglich Metall 0,057. Dieses würde, um Einfach-Schwefeleisen zu bilden, 0,033 Schwefel erfordern, das Schwefeleisen würde also allein 0,090 betragen, also mehr als das Gewicht des angewandten Körpers. Ein (geringer) Theil des Eisens mufs diesemnach mit Nickel, Kohlenstoff und Chrom in diesem Körper verbunden seyn. Phosphor habe ich in diesem Körper nicht auffinden können.

2) Die Metallblättchen, Flitterchen.

So leicht es ist, den ersten Körper rein zu erhalten, d. h. durch mechanische Mittel von der Hauptmasse zu trennen, so schwer ist es sich diesen Körper frei von den Stoffen zu verschaffen, welche eben so wie diese Flitterchen bei Einwirkung der Salzsäure auf die Masse als Rückstand bleiben, wie Kohlenstoff, Kieselsäure etc. Zugleich ist die Ausbeute dieses Körpers so gering, dafs er mit dem zugleich abgeschiedenen Pulver noch kaum ein Procent der Masse beträgt.

So wie auf diesen Körper die Salzsäure ganz und gar nicht einwirkt, so greift auch die Salpetersäure ihn nur sehr unbedeutend an, in Salpetersalzsäure hingegen ist er unter Mitwirkung der Wärme leicht und bis auf eine sehr geringe Menge Kieselsäure vollständig auflöslich.

Diese Auflösung vollständig zur Trockne verdampft, läfst einen Rückstand, der auf der Oberfläche röthlichgelbe glänzende Blättchen bildet, die sich leicht vom Gefäfse ablösen; das Darunterliegende ist eine gelblichweifse Masse, die festhaftet. Beide sind im Wasser vollkommen unlöslich — doch geht diese weifse Masse, wenn das Trocknen bei gelinder Wärme stattgefunden, mit dem Wasser durch's Filter; ist sie hingegen scharf getrocknet, so bleibt sie, wie die gelben Blättchen, darauf liegen. Beide Theile des Rückstands sind leicht mit gelber Farbe in Salzsäure auflöslich, und verhalten sich wie basisch phosphorsaures Eisenoxyd.

Auf Platinblech erhitzt, entzündet sich dieser Körper ebenfalls bei gelinder Hitze, wie Zucker glimmend, verliert dabei den Metallglanz und verwandelt sich in ein braunes Pulver, von welchem nunmehr sowohl Salz- als Salpetersäure einen bedeutenden Theil auflöst.

Die Bestandtheile dieses Körpers sind:

		(Berzelius fand in den Schüppchen S. a. a. O. S. 131
Eisen	65,977	
Phosphor	14,023	
Nickel	15,008	
Kohlenstoff	1,422	
Kiesel	2,007).	

Es sind also dieselben Bestandtheile die Berzelius in den Schüppchen des Bohumilitzer Meteoreisens gefunden hat, ob aber das quantitative Verhältnifs auch gleich sey, vermochte ich bei der geringen Menge, die ich von diesem Körper hatte, =0,047 Grm., nicht auszumitteln [1]); das

1) Berzelius konnte zur Darstellung der Schüppchen eine Quantität von 60 Grm. des Meteoreisens anwenden, und hatte 0,777 Grm. erhalten; ich hatte nur etwa 5 Grm. dazu zu verwenden, da mir ein grofser Theil meines Vorraths durch folgendes Ereignifs verloren ging, welches ich zur Warnung hier mittheile.

Ich hatte nämlich, um mir eine gehörige Menge dieser Blättchen zu bereiten, meinen ganzen Vorrath der Masse, in Stücke zerschlagen, in eine kleine Flasche — Faraday's Spritzfläschchen — gethan, mit Salzsäure übergossen, und vermittelst eines Pfropfens, in welchem eine lange, enge, in einem stumpfen Winkel gebogene Röhre befestigt war, das Fläschchen verschlossen. Nach 16stündiger Einwirkung der Säure hielt ich die schwache Flamme einer Weingeistlampe mit einfachem Dochte an den gebogenen Theil dieser Röhre, um zu sehen, ob das entwickelte Wasserstoffgas Arsenik enthielte, als nach kurzer Zeit eine heftige Explosion und das Zerschmettern des Fläschchens etc. erfolgte. Dafs unter diesen Umständen, der langen Einwirkung der Salzsäure ungeachtet, das Fläschchen noch mit Knallgas gefüllt war, hat nichts auffallendes, wohl aber, dafs dieses Gas durch das schwache Erhitzen der Röhre in so kurzer Zeit sich entzündete. Wahrscheinlich ist der Grund dieser Entzündung, dafs das entwickelte Wasserstoffgas zugleich, wenn auch nur Spuren, von Schwefel oder Phosphor enthielt. So wie das Fläschchen in

Eisen allein habe ich annähernd zu bestimmen vermocht, und dieses war hier nur ungefähr 51 Procent.

Diese beiden Körper, der eingewachsene und die Blättchen, bilden, wenn wir von den anderen Stoffen absehen, einen merkwürdigen Gegensatz, während der erste vorwaltend Schwefeleisen, enthält der zweite grofsentheils Phosphoreisen. Dafs der erste nur an einzelnen Stellen und in verhältnifsmäfsig grofsen Massen, der zweite hingegen überall verbreitet vorkommt, und in so zarten Blättchen, dürfte vielleicht seine Erklärung in dem verschiedenen Schmelz- und Erstarrungspunkt der beiden Körper finden. Das Phosphoreisen scheidet sich schon bei einem Grade des Erkaltens des Meteors aus, bei dem das Schwefeleisen noch flüssig ist, und daher in gröfserer Menge zusammentreten kann. Wie sehr allgemein aber diese Flitterchen in der Masse verbreitet sind, zeigt sich bei Einwirkung der Salzsäure, denn schon nach sehr kurzer Zeit sieht man sie, besonders beim Schütteln, in der Flüssigkeit schwimmen. Daraus geht zugleich die Zartheit und Leichtigkeit derselben hervor, indem sie, ungeachtet dieser allgemeinen Verbreitung, doch noch nicht ein Procent der Masse betragen, und zwar mit dem zugleich sich abscheidenden kohligen Pulver. In dem Meteoreisen von Bohumilitz betrugen die Schüppchen mit dem Pulver 2,26 und allein 1,3 Procent. (Von 60 Grm. erhielt Berzelius, wie angegeben, 0,777 dieser Schüppchen.)

VIII. *Ueber das Meteoreisen von Braunau; von W. Haidinger.*

(Uebersandt vom Hrn. Verfasser aus den Berichten der Vesammlungen der Freunde der Naturwissenschaften in Wien, den 8. Oct. 1847.)

Durch die Güte der HH. Hofr. Ritter v. Schreibers und Kustos Partsch, welcher letztere selbst dieses Stück

kleinen Splittern zerstob, so konnte ich auch von der angewandten Meteormasse nur eine geringe Menge kleiner Stücke auffinden, die ich zur Darstellung von Flitterchen angewendet habe.

in die Versammlung gebracht hatte, war Hr. Bergrath Haidinger in die angenehme Lage gesetzt, das *Meteoreisen* von Braunau vorzeigen zu können, welches Hr. Joh. Nep. Rotter, Abt des Benedictinerstifts von Braunau, als Geschenk an das K. K. Hof-Mineralienkabinet gesandt hatte. Hr. Apotheker Beinert zu Charlottenbrunn in Schlesien hat bereits in Poggendorff's Annalen, 1847, Heft 9, S. 170, eine ausführliche Nachricht über den Meteoreisenfall selbst, vom 14. Juli, die treffliche Beobachtung des Herganges durch den K. K. Oberförster Pollak, so wie Abbildungen der Massen bekannt gemacht. Aus der Mittheilung des hochw. Hrn. Prälaten selbst möge noch hier eine Ergänzung beigefügt werden. Es waren zwei Massen, die eine wog 42 Pfund 6 Loth, die zweite 30 Pfund 16 Loth. Die gröſsere wurde in Breslau in Gegenwart mehrer Universitäts-Professoren und Naturforscher in mehre Stücke getheilt, und den Universitäten von Berlin und Breslau, so wie einigen anderen Instituten und Gelehrten kleine Stückchen verehrt. Das gröſste von diesen, etwa 4 Pfund, erhielt das K. K. Hof-Mineralienkabinet in Wien. Noch sind Stücke bestimmt für das K. böhm. vaterländische Museum in Prag, das Johanneum in Gratz und einige andere inländische Institute. — Vor dem Zerschneiden wurde ein Gypsmodell gemacht, so wie auch von dem kleineren Stücke. Dieses letztere Stück wollte Hr. Prälat Rotter dem Stifte als Andenken erhalten. Indessen wurden ihm bereits 6000 Gulden K. M. dafür geboten. Der würdige Prälat faſste aus diesem Anlasse den menschenfreundlichen Entschluſs, den gewiſs Jedermann gerne in seinen eigenen Worten hören wird: »Ich habe mich aus Liebe zur leidenden Menschheit und zu meinen Landsleuten entschlossen, diesen Meteoriten um den höchsten Anbot zu veräuſsern, das erhaltene Geld als eine Himmelsgabe hypothekarisch sicher zu eloziren, und damit den Grund zur Stiftung eines Krankenhauses für die Braunauer Herrschaft zu legen,« und »eine gute That ist ein reelleres Andenken als Erz und Steine.« Ein weiterer Beweggrund war, daſs der Wissen-

schaft mehr gedient würde, wenn der Meteorit in einer grofsen Stadt in einer öffentlichen Sammlung, oder dem Kabinet eines hohen Mäcens der Naturwissenschaften den Gelehrten leichter zugänglich ist, als in dem entfernten Stifte. Möge sich ein grofsmüthiger Käufer finden. Es hat wohl nie eine meteorische Masse eine bessere, des Menschen und Christen würdige Verwendung gefunden als diese, welche die Vorsehung in die Hand des trefflichen Prälaten gab.

Aber die natürliche Beschaffenheit ist die aufserordentlichste, die man sich denken kann. Eisen, vollkommen homogen, dabei theilbar mit vollkommenen Theilungsflächen, parallel den drei Richtungen des Würfels, fast so leicht wie Bleiglanz! Das ganze 4 Pfund schwere Stück scheinbar *ein einziges Individuum.* Ganz gewifs ist diefs der Fall bei einem Theile des Stückes mit respective drei Dimensionen des Würfels, von dem es einen Theil bildet, von 4 Zoll, 3 Zoll und 2 Zoll. Die Schnittfläche und die Oberfläche lassen die Theilbarkeit nicht erkennen, aber von der Hauptschnittfläche aus ist ein Bruch von 3¾ Zoll Länge und 1¼ Zoll Breite entblöfst.

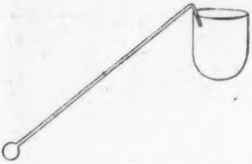
Diese vollkommen durch und durch krystallinische Struktur unterscheidet das Braunauer Meteoreisen von allen bisher bekannt gewordenen, wenn diese auch deutlich krystallinische Struktur, vorzüglich in den Widmannstätten'schen Figuren, selbst in gröfseren Individuen zeigen. Die dem Octaëder entsprechenden Trennungsflächen derselben haben aber mehr den Charakter von Krystallschalen als von wirklichen Theilungsflächen. Das Arvaer Eisen in ein Paar Stücken im K. K. Hof-Mineralienkabinete erscheint in nahe octaëdrischen und tetraëdrischen Fragmenten. Nur bei der Braunauer Masse ist der Charakter von Theilungsflächen unverkennbar.

Was läfst sich aber nach der Vollkommenheit der Bildung aus Analogien schliefsen. Nicht ein tumultuarisches Zusammenstürzen aus der von Hrn. Pollak so trefflich beobachteten scheinbar unbeweglichen schwarzen Wolke; im Gegentheile, lange Perioden innerer Krystallisationsthätigkeit, wodurch sich die Theilchen nach und nach in die wunderbare Regelmäfsigkeit fügen konnten, die uns jetzt in der so vollkommenen Theilbarkeit überrascht.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

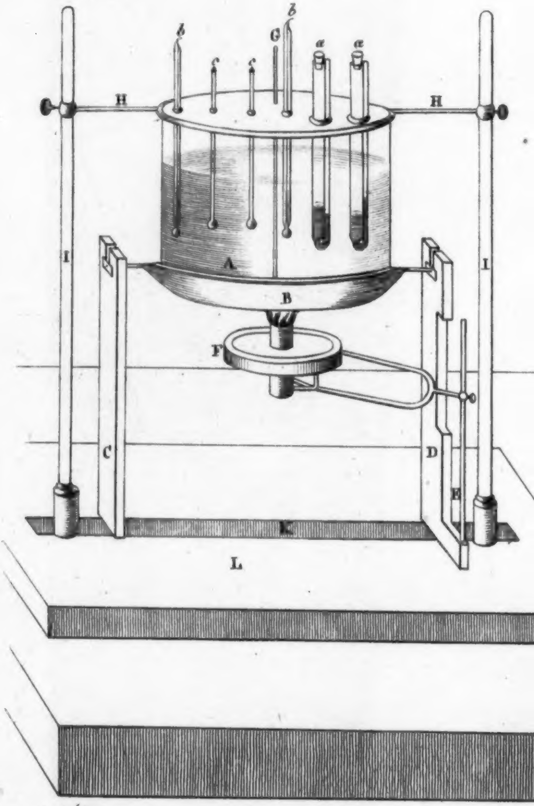
ner
ka-
ge-
te.
ohl
nd
che
.
nt-
ho-
en,
wie
ein
ei-
nen
oll,
che
pt-
1¼
uk-
bis-
stal-
n'-
Die
ben
von
Paar
nahe
der
chen
Bil-
ches
flich
lke;
sthä-
die
zt in

4.



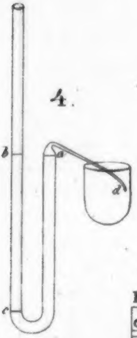
3.

5.

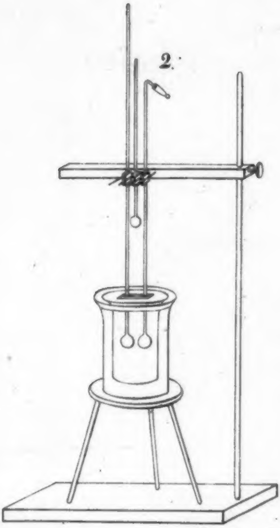


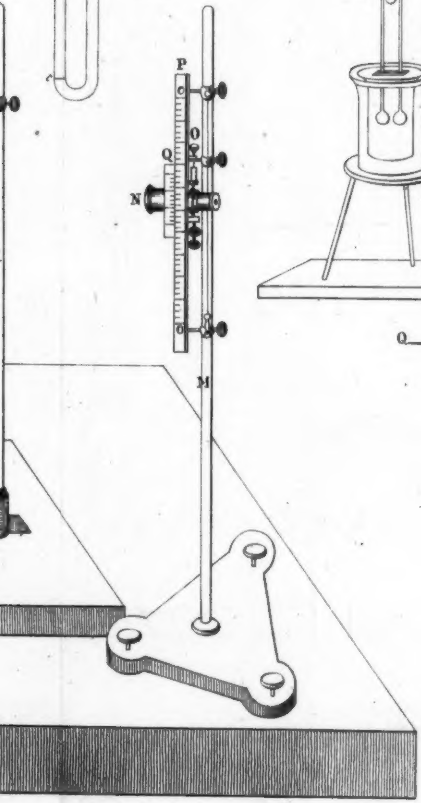
Guinand sc.

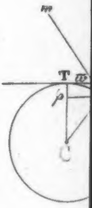
4.



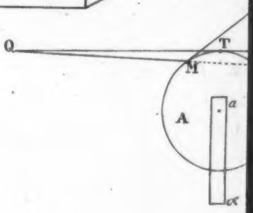
2.

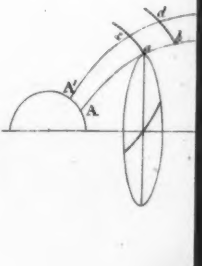


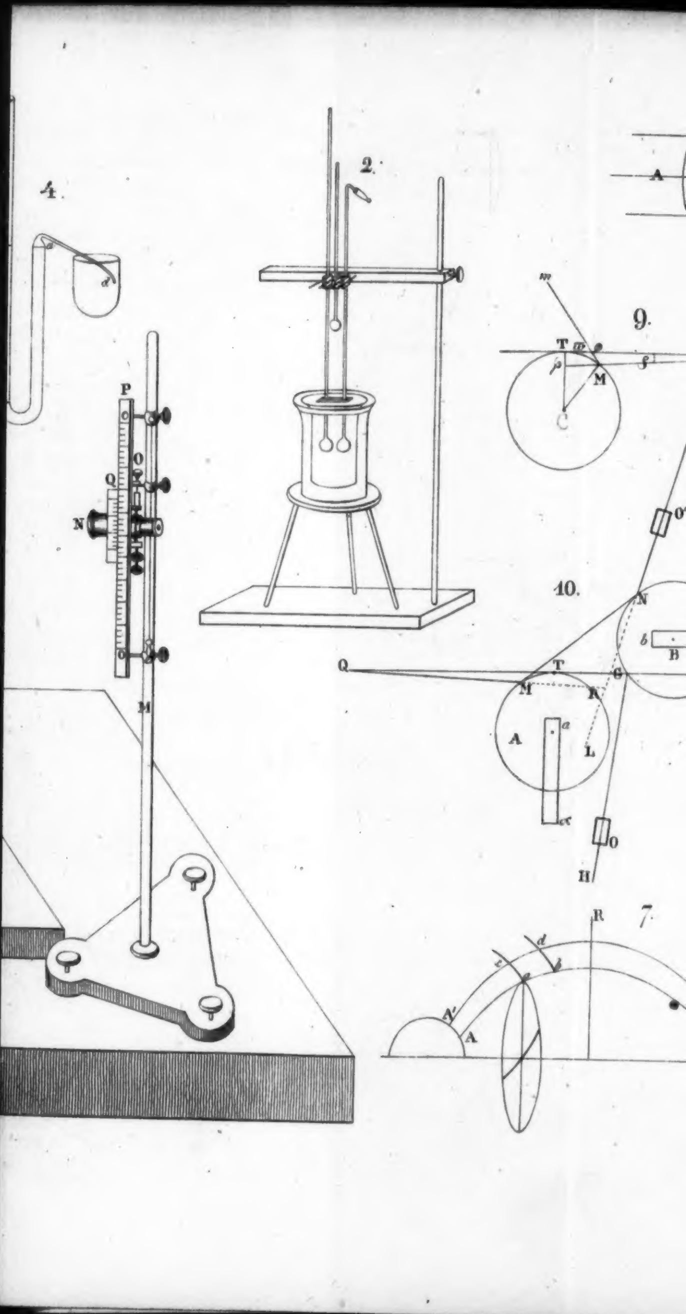




10.

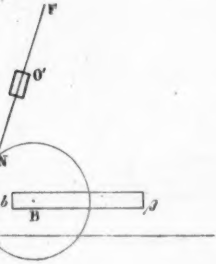


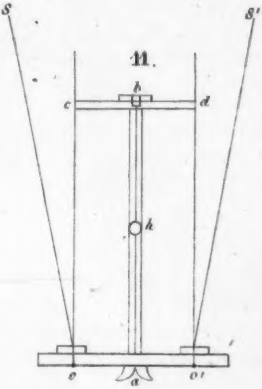




4.
2.
9.
10.
7.
P
Q
N
O
M
A
T
M
C
Q
T
G
N
B
A
L
O
H
R
A

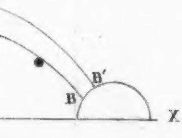
8.

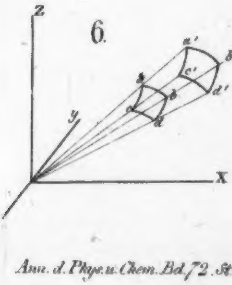




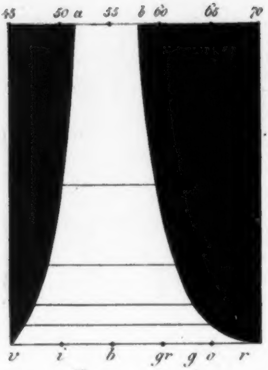
12.

7.





1.

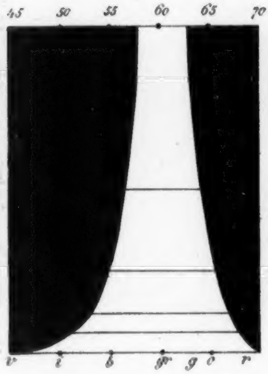


Blaue Dinte.

2.

Schwefelsaures Ku
oxydammonia

7.

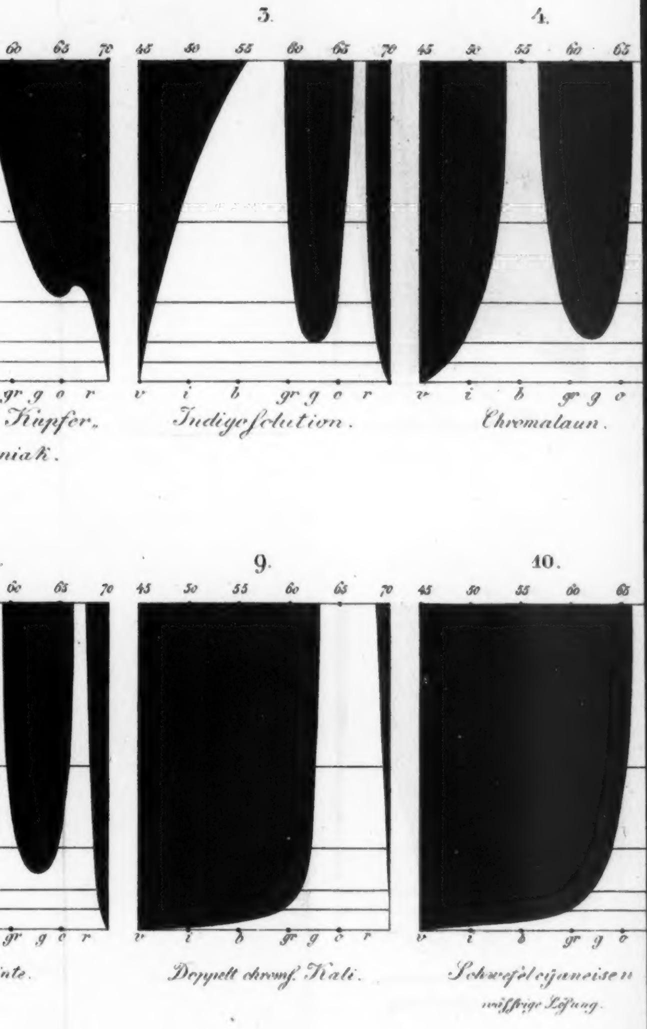


Blaue Dinte mit Saflor.

8.

Grüne Dinte.

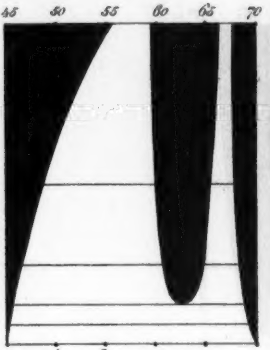
Guinand sc.



3.
4.
Kupfer.
niak.
Indigosolution.
Chromalaun.
9.
10.
inte.
Doppelt chroms. Kali.
Schwefelcyaneisen
wässrige Lösung.
45 50 55 60 65 70
v i b gr g o r

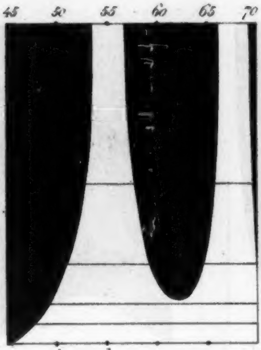
fer.

3.



Indigosolution.

4.



Chromalaun.

9.

Doppelt chroms. Kali.

10.

Schwefelcyaneisen
wässrige Lösung.

5.

Lackmustinctur.

6.

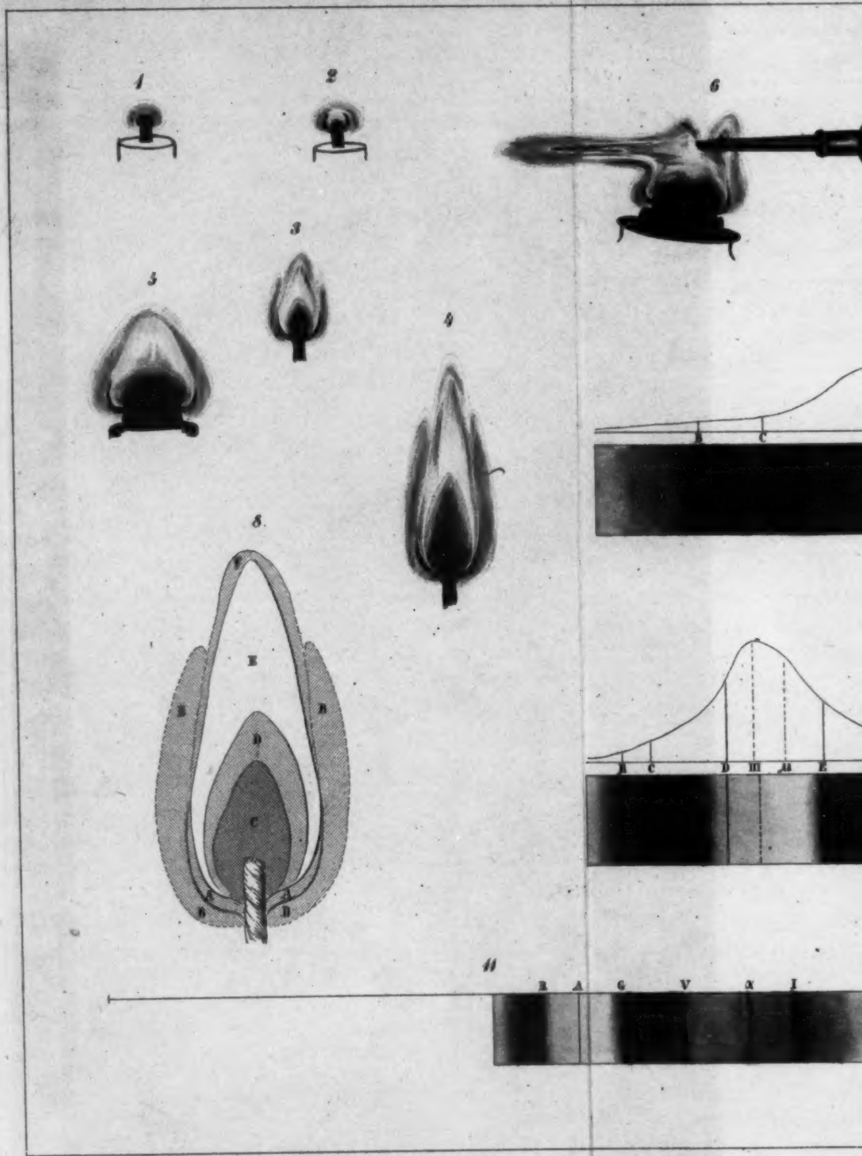
Schwefels. Kupferoxydammo-
niak mit doppelt chroms.
Kali.

11.

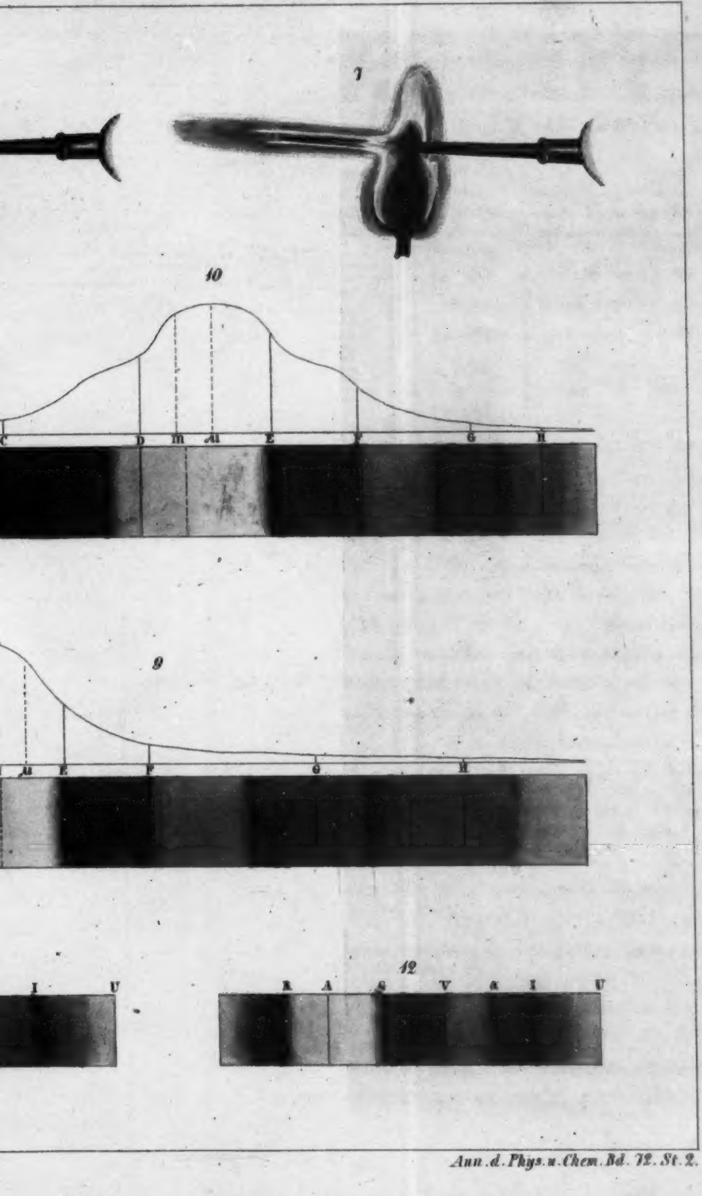
Schwefelcyaneisen
ätherische Lösung

12.

Karmin.

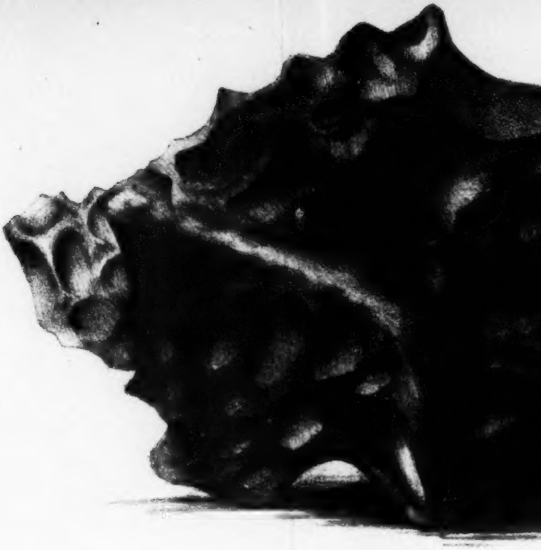


Lith. Anst. v. J.G. Bach in Leipzig.

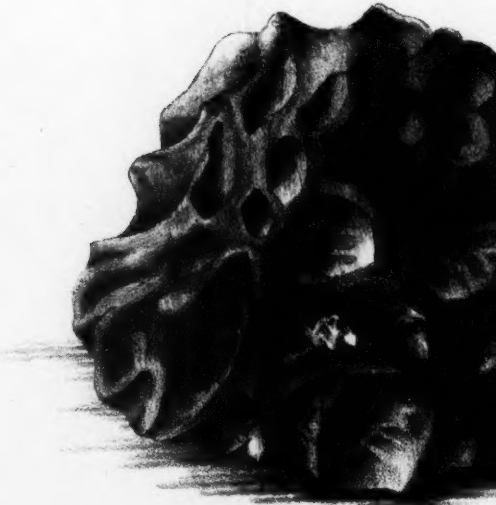


7
10
C D m M E F G H
9
M E F G H
I U
12

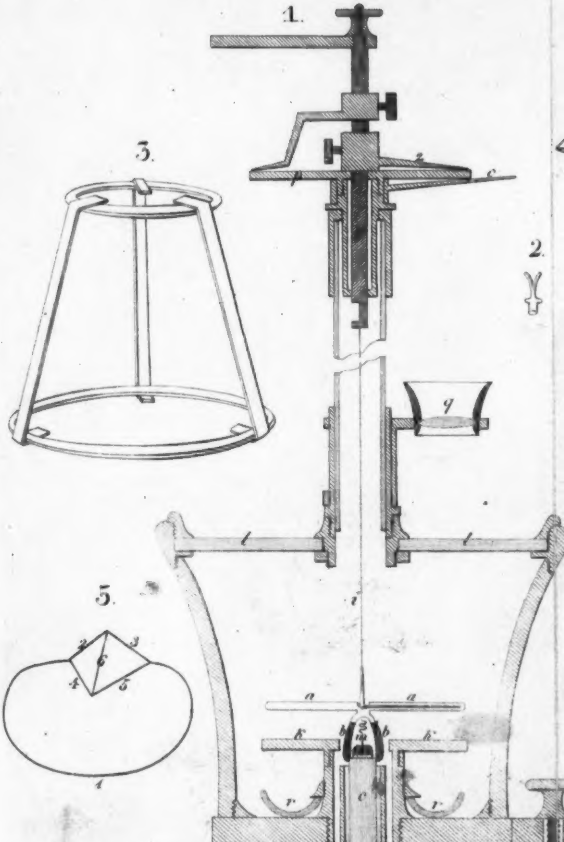
Nº 1.



Nº 2.

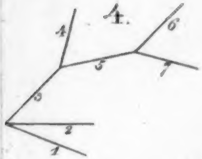


Taf. IV.

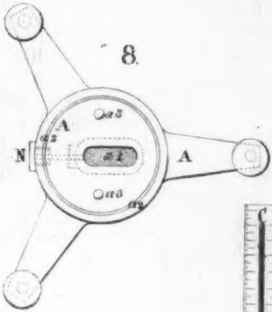


Guinand sc.

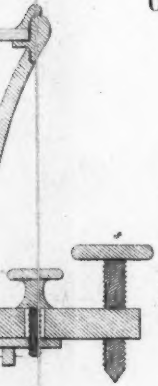
4.



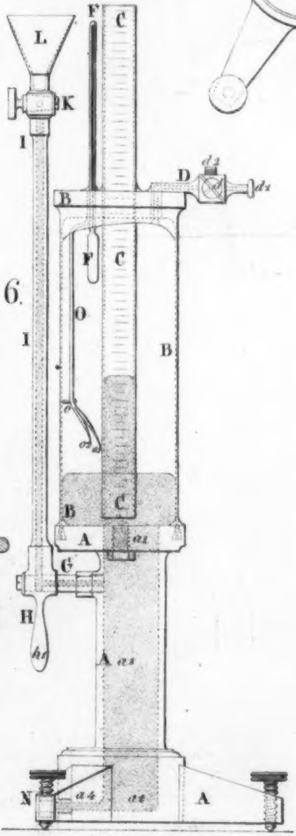
8.



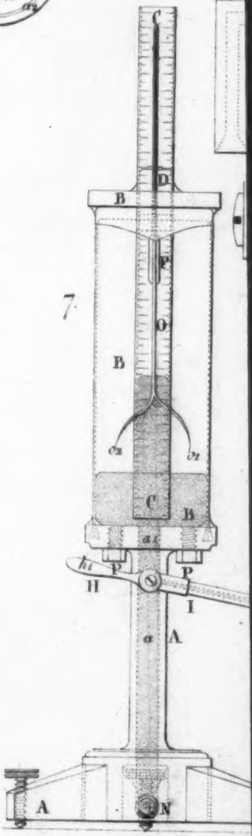
2.

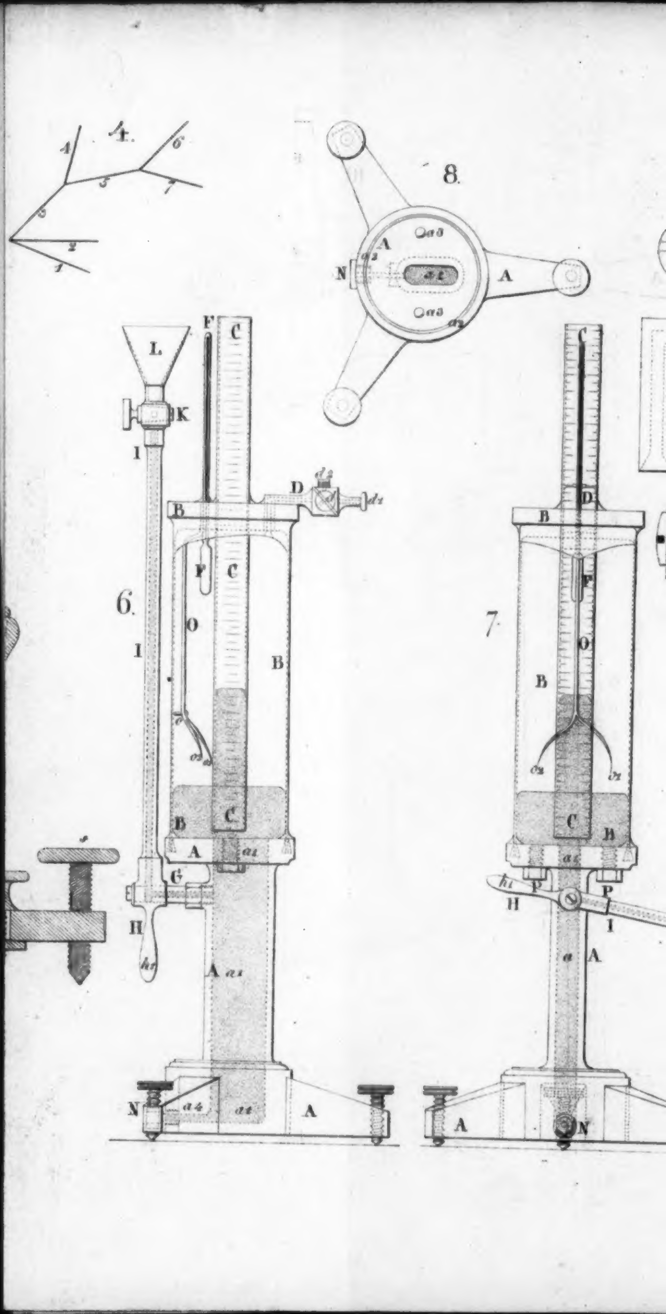


6.



7.




4.
8.
6.
7.

Taf. V.